

**TUGAS AKHIR**

**PERILAKU LENTUR BETON YANG MENGGUNAKAN  
LIMBAH BAN SEBAGAI AGREGAT**



**Disusun Oleh :**

**LUIS ODE PUTRA**

**D111 11 110**

**JURUSAN SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2015**

**PERILAKU LENTUR BETON YANG MENGGUNAKAN  
LIMBAH BAN SEBAGAI PENGANTI AGREGAT**

**SKRIPSI**

SEBAGAI SALAH SATU SYARAT UNTUK MENCAPAI

GELAR SARJANA TEKNIK

PROGRAM STUDI

TEKNIK SIPIL

DISUSUN DAN DIAJUKAN OLEH

**LUIS ODE PUTRA**

**Kepada**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2015**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

KAMPUS TAMALANREA TELP. (0411) 587 636 FAX. (0411) 580 505 MAKASSAR 90245  
E-mail : sipil.unhas@yahoo.co.id

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Judul : " **Perilaku Lentur Beton Yang Menggunakan Limbah Ban Sebagai Agregat.**"

Disusun Oleh :

Nama : Luis Ode Putra

D111 11 110

Telah diperiksa dan disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing

Makassar, 11 Nopember 2015

Pembimbing I

Pembimbing II

**Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M.Eng.**  
Nip. 19620729 1987031001

**Dr. Eng. Hj. Rita Irmawati, ST .MT.**  
Nip. 197206192000122001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

**Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT**  
Nip. 19601231 198609 1 001

## ABSTRAK

Semakin meningkatnya industri otomotif seiring dengan meningkatnya kebutuhan produksi ban menyebabkan semakin banyak limbah ban yang tidak dapat diurai oleh alam. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan berbagai macam cara inovatif. Menggunakan limbah ban sebagai pengganti material dalam beton menjadi salah satu jalan keluar. Pada penelitian digunakan *crumb rubber* dan *tire chips* sebagai limbah ban dengan variasi substitusi *crumb rubber* pada pasir dan *tire chips* pada kerikil dalam beton yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30%. Selain itu untuk meningkatkan ikatan *crumb rubber* terhadap campuran beton digunakan NaOH 10%. Penelitian ini bersifat eksperimental yang membuat rancang campuran beton untuk mencari kuat lentur pada benda uji 400 x 100 x 100 mm. Hasil penelitian pada umur 28 hari kuat lentur beton menunjukkan substitusi *crumb rubber* dan *tire chips* pada variasi 10% lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal, namun apabila substitusi limbah karet lebih besar dari 10% akan menurunkan kuat lentur beton tersebut. Kurva hasil pembacaan lendutan cenderung membentuk garis linier dimana semakin besar beban maka pertambahan nilai lendutan juga semakin besar.

**Kata Kunci:** *Crumb Rubber, Tire Chips, Kuat Lentur, Lendutan*

## **ABSTRACT**

*The growing of automotive industry along with the increasing need for tire production cause to many waste tire that can't be decomposed by nature. To solve this problem, many innovative solution have been proposed. Using waste tire as replacement aggregate in concrete be one way out from this problem. In this research, by using crumb rubber and tire chips as waste tire with variations substitution for sand and coarse aggregates in concrete for 0%, 10%, 20% and 30%. Respectively, using NaOH 10% liquid solution to improve the bonding of the rubberized concrete. This study is experimental research to examine flexural strength in the test specimen of 400 x 100 x 100 mm. The experimental results show that the replacement of aggregates by crumb rubber and tire chips up to 10% by weight have higher flexural strength than normal concrete, but if the replacement of waste tire more than 10%, it will reduce the flexural strength of the concrete. The result of deflection curves is likely to form straight line, where more applied load, more deflection result.*

**Keywords:** *Crumb Rubber, Tire Chips, flexural strength, deflection*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini yang berjudul “**PERILAKU LENTUR BETON YANG MENGGUNAKAN LIMBAH BAN SEBAGAI AGREGAT**” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Kami menyadari sepenuhnya bahwa selesainya Tugas Akhir ini adalah berkat bantuan dari berbagai pihak, utamanya dosen pembimbing kami :

Pembimbing I : **Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M.Eng**

Pembimbing II : **Dr. Eng. Hj. Rita Irmawati, ST., MT.**

Penulis menyadari bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Dr.Ing Ir. Wahyu H. Piarah, MS, ME.,** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. **Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT.,** selaku ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

3. **Bapak Prof. Dr. Ing. Herman Parung, M.Eng.,** selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahannya.
4. **Ibu Dr. Eng. Hj. Rita Irmawati, ST. MT.,** selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan serta pengarahannya mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
5. **Bapak Sudirman Sitang, ST.,** selaku Laboran Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingan dan pengarahan selama pelaksanaan pengujian di laboratorium.
6. **Ahmad Aki Muhaimin, Devi Monica Wijaya, dan Kanda Happy Griya,** sebagai rekan penelitian yang telah bersama-sama penulis mengerjakan dan menyelesaikan penelitian.
7. Para Dosen, Staff, dan pegawai di Jurusan Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada :

1. **Ayah Ir. A. Ode Putra dan Ibu Elly,** atas doa dan ketabahannya yang tidak mungkin saya dapat membalas sedikitpun pengorbanannya.
2. **Devi Monica Wijaya,** kesetiiaannya menemani, memberikan bantuan, doa dan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.

3. **Jordy Ladjao, Kharissa Bunga R., Holy E. Ladjao dan teman-teman BP KPPZ Zion**, yang telah memberikan semangat dan doa.
4. **Nanang Santosa, Moh. Afif Fikriaraz, A. Agung Fadhillah P., M. Darmawansyah, Yoslinda, Dian Novitri Palentek, Trysha A. P.** dan semua yang telah membantu selama penelitian di laboratorium.
5. Teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin **angkatan 2011** yang telah memberikan warna tersendiri.
8. Rekan-rekan **SMA Katolik Rajawali Makassar** yang telah memberikan semangat dan dukungan doa.
9. Serta semua pihak yang telah membantu penulis baik dalam bentuk materiil maupun immaterial. Semoga Allah SWT membalas budi baik dengan amalan yang setimpal.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis berharap rekan-rekan sekalian dapat memberikan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga ALLAH memberikan berkat dan rahmat-Nya kepada kita dan penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua, bangsa, dan negara.

Makassar, Agustus 2015

Luis Ode Putra



## **DAFTAR ISI**

**HALAMAN JUDUL**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ABSTRAK** i

**ABSTRACT** ii

**KATA PENGANTAR** iii

**DAFTAR ISI** vi

**DAFTAR TABEL** ix

**DAFTAR GAMBAR** x

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah ..... I-1

1.2 Rumusan Masalah ..... I-2

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian ..... I-3

1.3.1 Maksud Penelitian ..... I-3

1.3.2 Tujuan Penelitian ..... I-3

1.4 Manfaat Penelitian ..... I-3

1.5 Batasan Masalah ..... I-4

1.6 Sistematika Penulisan ..... I-5

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Pengertian Beton ..... II-1

2.2 Material Penyusun Beton .....	II-4
2.2.1 Semen .....	II-4
2.2.2 Agregat .....	II-6
2.2.3 Air.....	II-10
2.2.4 Serat Limbah Ban Karet ( <i>Crumb Rubber</i> ).....	II-12
2.3 Kekuatan Beton .....	II-17
2.3.1 Kuat Lentur Beton .....	II-17
2.4 Penelitian Sebelumnya .....	II-20

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Bagan Alir Penelitian .....	III-1
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	III-2
3.2.1 Lokasi Penelitian .....	III-2
3.2.2 Waktu Penelitian .....	III-2
3.3 Desain Benda Uji.....	III-2
3.4 Alat dan Bahan Penelitian .....	III-3
3.5 Prosedur Penelitian .....	III-4
3.5.1 Pengujian Karakteristik Agregat .....	III-4
3.5.2 Perencanaan Campuran (Mix Design).....	III-5
3.5.3 Pembuatan Benda Uji .....	III-5
3.5.4 Metode Perawatan Benda Uji.....	III-7
3.6 Pengujian Kuat Lentur.....	III-7

## **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Deskripsi Kondisi Objek Kerja Praktek dan Permasalahannya.....	IV-1
4.1.1 Karakteristik Agregat .....	IV-1
4.1.2 Komposisi Campuran Beton.....	IV-3
4.2 Hasil Pengujian Beton .....	IV-3
4.2.1 <i>Slump</i> .....	IV-3
4.2.2 Berat Volume Beton .....	IV-4
4.3 Pembahasan .....	IV-6
4.3.1 Kuat Lentur Beton .....	IV-6
4.3.2 Analisa Pola Keretakan .....	IV-12
4.3.3 Distribusi Agregat .....	IV-13

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran .....	V-2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Gradasi Standar Agregat Kasar Alam Berdasarkan ASTM C33-78 .....	II-1
Tabel 2.2	Klasifikasi Partikel Limbah Ban Karet.....	II-14
Tabel 3.1	Jumlah Benda Uji .....	III-2
Tabel 3.2	Metode Pengujian Karakteristik Agregat .....	III-4
Tabel 4.1	Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus.....	IV-1
Tabel 4.2	Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar.....	IV-2
Tabel 4.3	Komposisi Campuran Beton Untuk 1 m <sup>3</sup> .....	IV-3
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran <i>Slump</i> Beton.....	IV-4
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Berat Volume Beton.....	IV-4
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Kuat Lentur ( <i>Modulus of Rupture</i> ).....	IV-6
Tabel 4.7	Rekapitulasi Nilai Hubungan Antara Beban dan Lendutan.....	IV-11
Tabel 4.8	Distribusi Agregat Kasar Pada Benda Uji .....	IV-13

## DAFTAR GAMBAR

Gambarl 2.1	<i>Crumb Rubber</i> dan <i>Tire Chips</i> .....	II-12
Gambarl 3.1	Bagan Alir Metodologi Penelitian.....	III-1
Gambarl 3.2	Pembuatan Benda Uji.....	III-6
Gambarl 3.3	Proses Perawatan ( <i>curing</i> ) Benda Uji .....	III-7
Gambarl 3.4	Pengujian Kuat Lentur Balok.....	III-8
Gambarl 3.5	Sketsa Pengujian Kuat Lentur .....	III-9
Gambarl 4.1	Grafik Hubungan Antara Berat Satuan Beton dengan Persentase Pengganti Agregat .....	IV-5
Gambarl 4.2	Pengujian Kuat Lentur Beton .....	IV-6
Gambarl 4.3	Grafik Hubungan Persentase Limbah Ban Karet dan Kuat Lentur ...	IV-7
Gambarl 4.4	Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton Normal .....	IV-8
Gambarl 4.5	Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton <i>Crumb Rubber</i> . 10% .....	IV-9
Gambarl 4.6	Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton <i>Crumb Rubber</i> . 20% .....	IV-9
Gambarl 4.7	Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton <i>Crumb Rubber</i> . 30% .....	IV-9

Gambarl 4.8	Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton <i>Tire Chips</i> 10%	IV-10
Gambarl 4.9	Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton <i>Tire Chips</i> 20%	IV-10
Gambarl 4.10	Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton <i>Tire Chips</i> 30%	IV-10
Gambarl 4.11	Pola Keruntuhan Pada Pengujian Lentur.....	IV-12
Gambarl 4.12	Contoh Distribusi Agregat Kasar Dalam Beton .....	IV-13

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Dalam beberapa tahun terakhir ini kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin cepat dan pesat sehingga mampu mengubah tatanan kehidupan seseorang. Dampak positifnya pun beragam, salah satunya yaitu ditemukannya teknologi-teknologi yang mampu mempermudah kehidupan seseorang dimana kebutuhan manusia yang kian kompleks.

Pada dunia konstruksi, beton masih berperan penting sebagai material utama yang digunakan. Hal ini dikarenakan beton memiliki beberapa kelebihan seperti kemudahan dalam pengerjaan, kuat tekan yang tinggi, dan memiliki nilai ekonomis dalam pembuatan dan perawatannya. Namun terdapat beberapa kelemahan beton antara lain rendahnya kemampuan menahan beban tarik karena beton merupakan bahan yang getas (brittle). Sifat beton yang getas menyebabkan beton akan segera retak jika mendapat gaya tarik yang tidak terlalu besar.

Penggunaan limbah padat sebagai substitusi material pada industri beton bukanlah hal yang baru. Namun, penggunaan limbah padat sebagai pengganti agregat pada beton beberapa tahun belakangan ini semakin meningkat sebagai solusi yang cukup menjanjikan untuk mengurangi limbah padat yang bersifat anorganik (Nadim, Nasser, 2012). Limbah anorganik adalah limbah yang tidak dapat terurai oleh alam sehingga dapat dikatakan sebagai polusi lingkungan.

Salah satu contoh limbah anorganik adalah limbah ban karet sisa pemakaian dari kendaraan. Produksi ban pada tahun 2010 mencapai 50 juta unit dan pada tahun 2011 berada di angka 51,2 juta buah. Dimana, produksi ban tiap tahun terus meningkat sejalan dengan meningkatnya industri otomotif dan kebutuhan pasar domestik maupun untuk ekspor (Pane, 2012). Sehingga tiap tahun akan semakin banyak limbah ban yang tidak terpakai yang dapat menjadi polusi lingkungan. Berkaca dari hasil tersebut maka diperulakan alternatif dalam pengolahan limbah karet tersebut.

Pemakaian agregat yang diambil dari alam sebagai bahan pembuatan campuran beton secara ekonomis cukup mahal, maka pemakaian limbah ban bekas sebagai bahan substitusi untuk mengganti sebagian agregat kasar dan halus dalam campuran beton menjadi alternatif agar dapat mereduksi pengeluaran biaya dan mengatasi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah ban bekas, dan diharapkan dapat menghasilkan suatu alternatif beton yang ramah lingkungan dan memiliki kemampuan dalam menahan beban.

Berdasarkan uraian di atas, maka disusunlah tugas akhir ini dengan judul :  
**“Perilaku Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Ban sebagai Pengganti Agregat”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan, maka dirumuskanlah permasalahan penelitian ini sebagai berikut :



1. Bagaimana pengaruh limbah ban sebagai pengganti agregat kasar dan halus dengan variasi (10%, 20%, 30%) dari volume agregat, terhadap perilaku lentur balok beton.
2. Bagaimana hasil nilai lendutan balok antara balok yang menggunakan limbah ban sebagai pengganti agregat kasar, halus dan normal.

### **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku lentur dan kekuatan lentur balok yang menggunakan limbah ban sebagai pengganti agregat.

#### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Dalam melaksanakan penelitian ini tujuan yang ingin dicapai adalah:

1. Menganalisis kekuatan lentur yang terjadi pada beton yang menggunakan limbah ban sebagai pengganti agregat halus dan kasar terhadap kuat lentur balok beton normal
2. Untuk membandingkan lendutan balok beton yang menggunakan limbah ban sebagai pengganti agregat kasar dan agregat halus dan beton normal.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Sebagai sumber pengetahuan dan informasi mengenai perilaku lentur yang menggunakan limbah ban sebagai pengganti agregat serta dapat

memanfaatkan limbah ban sebagai bahan alternatif penyusun campuran beton.

2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang pemanfaatan limbah ban bekas dalam pembuatan beton yang memenuhi persyaratan material struktur.
3. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

### **1.5 Batasan Masalah**

Untuk mencapai tujuan penelitian dan menguraikan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini dilakukan dengan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat alam yaitu agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari daerah Bili-bili, Gowa, limbah ban yang digunakan berasal dari limbah ban hasil vulkanisir pada Pabrik PT. Tifunindo Raya dan semen *Portland Composite Cement* merek Tonasa
2. Pengujian kuat lentur beton menggunakan sampel balok berdimensi 100 x 100 x 400 mm sebanyak 21 buah, untuk variasi beton normal sebanyak 3 buah, variasi 10% agregat halus limbah ban sebanyak 3 buah, , variasi 20% agregat halus limbah ban sebanyak 3 buah, variasi 30% agregat halus limbah ban sebanyak 3 buah, variasi 10% agregat kasar limbah ban sebanyak 3 buah, variasi 20% agregat kasar limbah ban sebanyak 3 buah, variasi 30% agregat kasar limbah ban sebanyak 3 buah.
3. Standar pengujian pada penelitian ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

4. Rencana campuran beton menggunakan metode DOE (*Development of Enviroment*) dengan faktor air semen yang digunakan adalah 50%
5. Penelitian dilakukan dengan percobaan di Laboratorium dan tidak dilakukan uji lapangan
6. Pengujian kuat lentur beton meggunakan *Universal Testing Machine* kapasitas 1000 kN dengan metode dua titik pembebanan yang dilakukan pada umur beton 28 hari.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah membagi kerangka masalah dalam beberapa bagian, dengan maskud agar masalah yang dibahas menjadi jelas dan mudah diikuti.

Tugas akhir ini terdiri dari lima bab, adapun urutan-urutan penyajiannya adalah sebagai berikut:

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab ini menguraikan tentang gambaran umum mengenai latar belakang mengenai pemilihan judul tugas akhir, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menyajikan teori secara singkat dan gambaran umum mengenai beton, limbah ban dan materi penyusunnya berdasarkan literatur yang digunakan.

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menyajikan bahasan mengenai tahapan, pengumpulan data, bahan penelitian, lokasi penelitian, dan pengujian yang dilakukan.

### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil pengujian yang diperoleh dari percobaan di laboratorium serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

### **BAB V. PENUTUP**

Merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan disertai dengan saran-saran.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Beton**

Berdasarkan pasal 3.12 SNI-03-2847 (2002), beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat satuan  $2.200 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2.500 \text{ kg/m}^3$  dan dibuat menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah sedangkan beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari  $1.900 \text{ kg/m}^3$ .

Mutu beton normal yang memiliki berat volume  $\pm 2400 \text{ kg/m}^3$  dan paling banyak dipakai sebagai tujuan struktural dibagi dalam 3 kategori berdasarkan kekuatan tekan yaitu:

- Beton mutu rendah: kurang dari 20 Mpa
- Beton mutu moderat: 20 - 40 Mpa
- Beton berkekuatan tinggi: lebih dari 40 Mpa

Beton mutu moderat biasa disebut beton normal, biasanya dipakai untuk pekerjaan struktural. Beton berkekuatan tinggi dipakai untuk pekerjaan spesial untuk konstruksi beton prategang. (Pujo, 2010)

Menurut Supriyatna (2011), beton adalah material komposit yang terdiri dari agregat yang diletakan dalam suatu pasta semen yang mengisi rongga diantara butiran agregat dan mengikatnya bersama-sama menjadi suatu kesatuan. Beton

yang dibuat secara baik dengan perbandingan bahan yang tepat, tiap butir agregatnya akan diselimuti oleh pasta semen, dan rongga-rongga antara butiran agregat penuh terisi oleh semen.

Beton merupakan bahan yang dapat disiapkan dalam jumlah banyak untuk suatu pekerjaan konstruksi yang membutuhkan material dalam jumlah besar. Oleh karena itu beton menjadi bahan yang sangat dibutuhkan dan sering dipergunakan untuk sebagian besar pekerjaan konstruksi dibandingkan dengan bahan struktur lain.

Beton banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan. Bahan tersebut diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air, dan agregat (dan kadang-kadang bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non-kimia) pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut apabila dituang dalam cetakan kemudian dibiarkan maka akan mengeras seperti batuan.

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, maka perbandingan campuran beton harus ditentukan agar beton yang dihasilkan dapat memberikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kemudahan dalam pengerjaan tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi.
2. Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air dan korosi).
3. Memenuhi kekuatan yang hendak di capai.

Beton mempunyai kuat tekan jauh lebih besar dibandingkan kuat tariknya. Sehingga selalu diperlukan perkuatan tulangan baja pada daerah tariknya menjadi beton bertulang untuk struktur bangunan. Beton bertulang bisa dipakai untuk hampir semua bangunan termasuk struktur yang lebih berat. Sedang beton non-struktural bisa digunakan untuk beton isolasi dan beton arsitektural.

Sebagai bahan konstruksi beton mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan beton antara lain :

1. Harganya relatif murah.
2. Mampu memikul beban yang berat.
3. Mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi.
4. Biaya pemeliharaan/perawatannya kecil.

Kekurangan beton antara lain :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
4. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

## **2.2 Material Penyusun Beton**

### **2.2.1 Semen**

Semen adalah bahan berbutir halus hasil gilingan, yang bukan merupakan pengikat, tetapi menjadi bersifat pengikat sebagai hasil hidratisasi (yaitu reaksi kimia antara semen dan air). Semen hidrolik yang biasanya paling banyak dipakai adalah semen portland (Pujo, 2010).

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Berat jenisnya berkisar antara 3,12 dan 3,16 (Nawy, 1998).

Bahan baku pembentuk semen adalah

1. Kapur ( $\text{CaO}$ ) dari batu kapur
2. Silika ( $\text{SiO}_2$ ) dari lempung
3. Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dari lempung

Menurut SNI-15-7064-2004, Semen portland komposit adalah bahan pengikat hidrolik hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6% - 35% dari massa semen portland komposit.



Semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya (SNI-15-7064-2004).

Adanya perbedaan persentase senyawa kimia semen akan menyebabkan perbedaan sifat semen. Kandungan senyawa yang ada pada semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Dilihat dari susunan senyawanya, semen portlan dibagi dalam 5 jenis, yaitu :

1. Semen Type I, semen yang dalam penggunaannya tidak secara khusus(pemakaian secara umum). Biasanya digunakan pada bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Type II, mengandung kadar  $C_3A < 8\%$ . Semen yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang. Semen ini digunakan untuk bangunan dan konstruksi beton yang selalu berhubungan dengan air kotor, air tanah atau untuk pondasi yang tertanam di dalam tanah yang garam sulfat dan saluran air limbah atau bangunan yang berhubungan langsung dengan air rawa.
3. Type III, memiliki kadar  $C_3S$  dan  $C_3A$  yang tinggi dan butirannya digiling sangat halus sehingga cepat mengalami proses hidrasi. Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase setelah pengikatan terjadi. Biasanya digunakan pada bangunan-bangunan di daerah yang bertemperatur rendah (musim dingin).

4. Type IV, kadar C3S maksimum 35 % dan C3A maksimum 5 %. Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah. Digunakan pada pekerjaan beton dalam volume besar (beton massa) dan masif, misalnya bendungan, pondasi berukuran besar dll.
5. Type V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Biasanya digunakan pada bangunan-bangunan yang selalu berhubungan dengan air laut, saluran limbah industri, bangunan yang terpengaruh oleh uap kimia dan gas agresif serta untuk pondasi yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat tinggi.

### **2.2.2 Agregat**

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Pada beton biasanya terdapat sekitar 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar.

Dua jenis agregat adalah:

- a) Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan dari blast-furnace)
- b) Agregat halus (pasir alami dan buatan)

Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak persen agregat dalam campuran akan semakin murah harga

beton, dengan syarat campuran masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen yang memakai beton tersebut (Nawi, 1998).

Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan agregat yang mempunyai kualitas agregat yang baik pula, agregat yang baik dalam pembuatan beton harus memenuhi persyaratan, yaitu ( PBI, 1971 ) :

1. Harus bersifat kekal, berbutir tajam dan kuat.
2. Tidak mengandung Lumpur lebih dari 5 % untuk agregat halus dan 1 % untuk agregat kasar.
3. Tidak mengandung bahan-bahan organik dan zat-zat yang reaktif alkali
4. Harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.

#### **2.2.2.1 Agregat Kasar**

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  in. (6mm). Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan gel semen (Nawi, 1998).

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

1. Batu pecah alami, berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf.

2. Kerikil alami, berasal dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan, berupa *slag* dan *shale* yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, berupa agregat kasar yang diklasifikasikan misalnya baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

Sifat-sifat agregat kasar juga memengaruhi lekatan antara agregat-mortar dan kebutuhan air pencampur. Agregat yang memiliki ukuran butir yang lebih kecil memiliki potensial untuk menghasilkan beton yang memiliki kekuatan yang tinggi. Batasan gradasi agregat kasar yang baik menurut ASTM C33-78 terlihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.1** Gradasi Standar Agregat Kasar Alam Berdasarkan ASTM C33-78

Diameter Ayakan	Persentase Lolos
25,4 mm (1")	100
19,0 mm (3/4")	95 – 100
9,50 mm (3/8")	20 – 55
4,75 mm (No. 4)	0 – 10
2,36 mm (No. 8)	0 – 5

#### 2.2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Ukurannya bervariasi antara No. 4 dan No. 100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari

saringan No. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. (Nawy, 1998) Agregat halus merupakan pasir alam sebagai hasil disintegrasi 'alami' batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SK SNI 03-2847-2002).

Persyaratan pasir menurut PBI 1982 agar dapat digunakan sebagai bahan bangunan adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Agregat tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% atau bagian yang lewat ayakan 0,063 mm tidak lebih besar dari 5% berat.
3. Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Untuk itu bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan diatas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
4. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus memenuhi syarat-syarat berikut
  - Sisa di atas ayakan 4mm, harus minimum 2% berat
  - Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat
  - Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.
5. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
6. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga tertentu.

### 2.2.2.3 Air

Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak mempunyai rasa atau bau yang mencolok akan memenuhi syarat sebagai air campuran pembuatan beton. Ketidakmurnian air (mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik dll) dapat mempengaruhi tidak hanya kuat beton dan stabilitas volume, tetapi dapat juga mengakibatkan *florescence* atau korosi pada tulangan (Pujo,2010).

Semen dapat berfungsi sebagai perekat apabila ada reaksi dengan air. Oleh karena itu jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi semen harus cukup. Apabila terlalu banyak air yang ditambahkan pada beton maka akibat adanya pengeringan maka air bebas yang terdapat di dalam gel akan cepat menguap sehingga gel menjadi porous, gel menyusut banyak dan terjadi retakan, sebaliknya apabila jumlah air pencampur pada beton kurang maka proses hidrasi semen tidak dapat terjadi seluruhnya yang mengakibatkan kekuatan beton akan turun maka diperlukan perbandingan faktor air semen yang baik akan menghasilkan kualitas beton yang baik (Riyadi dkk, 2005)

Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai air pengaduk pada beton. Adapun jenis-jenis air yang dapat digunakan untuk air pengaduk beton adalah :

- a. Air hujan, air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbondioksida.
- b. Air Tanah. Biasanya mengandung unsur kation dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>.

- c. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampur beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau air genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.
- d. Air laut. Air laut mengandung 30.000 – 36.000 mg/liter garam (3 % - 3,6 %) dapat digunakan sebagai air pencampur beton tidak bertulang. Air laut yang mengandung garam di atas 3 % tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pra tekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya.

Syarat-syarat air untuk adukan beton menurut ACI 318-83

- a. Air untuk beton harus bebas dari minyak, alkali, garam dan bahan-bahan organik.
- b. Air untuk beton pratekan atau yang dilekati alumunium, termasuk agregat tidak boleh mengandung ion clorida.

Disamping digunakan sebagai bahan campuran beton, air digunakan pula untuk merawat beton dengan cara pembasahan setelah dicor atau merendam benda uji yang telah mengeras.

### 2.2.2 Serat Limbah Ban Karet



**Gambar 2.1** *Crumb Rubber dan Tire Chips*

Salah satu limbah anorganik adalah limbah karet ban bekas. Karet ban bekas (*tyre*) merupakan limbah dari roda kendaraan bermotor yang sudah tidak layak pakai. Limbah ban bekas di Indonesia saat ini masih dimanfaatkan untuk beberapa keperluan seperti tali, tempat sampah dan kerajinan kursi. Namun dalam beberapa tahun ke depan limbah ban bekas akan menjadi sangat besar dibanding dengan pemakaian beberapa tahun yang lalu yang relatif statis, sehingga kedepannya akan timbul masalah besar. Apabila tidak dicari terobosan pemakaiannya, hal ini akan menjadi masalah yang cukup rumit. Di Eropa ban bekas tahun 2004 mencapai 3.25 juta ton per tahun, sedangkan di Amerika Serikat tahun 2003 sekitar 3.75 juta ton per tahun dan di Jepang tahun 2004 sekitar 1 juta ton per tahun (Intang, dkk, 2008).



Limbah ban karet adalah material yang berasal dari ban bekas penggunaan untuk kendaraan bermotor berupa mobil atau truk. Berat satu buah ban kendaraan berkisar antara 10 – 45 kg. Material utama yang digunakan dalam pembuatan ban adalah karet alam dan sintetis (41%), karbon (28%), serat baja (14-15%), serat, bahan pengisi, bahan kimia lainnya (16-17%) (Liu, 2013). Karet remah dibuat dari dua bahan baku utama: *tire buffings*, produk sampingan dari ban vulkanisir (*tire retreading*) dan karet bekas ban (*scrap tire*).

Terdapat dua jenis limbah ban karet yang sering digunakan dan pada penggunaan untuk campuran beton yaitu *Tire Chips* dan *Crumb Rubber*:

a. *Tire Chips or Shredded Chips*

*Tire Chips* berfungsi sebagai pengganti agregat kasar. Untuk mendapatkan jenis limbah karet ini, diperlukan pemotongan ban karet bekas dalam dua kali proses yang kesemuanya itu dilakukan dengan bantuan mesin pemotong. Pada proses pemotongan pertama didapatkan ukuran karet tersebut 300 - 430 mm. Pada proses yang kedua ukurannya mengecil menjadi 100 -150 mm. Lalu dilakukan proses pemarkisan atau pemotongan dengan mesin pemotong sehingga didapatkan ukuran *Tire Chips* berkisar antara 13 - 76 mm.

b. *Crumb Rubber*

*Crumb Rubber* berfungsi sebagai pengganti agregat halus. Dimana ukuran partikel *Crumb Rubber* berkisar antara 4,75 mm (saringan No. 4) sampai kurang dari 0,075 mm (saringan No. 200). *Crumb Rubber* diproses

menggunakan mesin khusus dimana karet ban yang masih berukuran besar diubah menjadi potongan-potongan kecil. Terdapat tiga metode yang digunakan untuk membuat *Crumb Rubber*, yaitu *cracker mill process*, *granular process*, *micro mill process*. Masing-masing metode tersebut menghasilkan ukuran *Crumb Rubber* yang berbeda-beda. *Micro mill process* menghasilkan *Crumb Rubber* yang berukuran 0.075 sampai 0.475 mm

**Tabel 2.2** Klasifikasi Partikel Limbah Ban Karet

Classification	Lower Limit, in (mm)	Upper Limit, in (mm)
Chopped Tire	Unspecified dimensions	
Rough Shed	1.97X1.97X1.97 (50X50X50)	30X1.97X3.94 (762X50X100)
Tire Derived Aggregate	0.47 (12)	12 (305)
Tire Shreds	1.97 (50)	12 (305)
Tire Chips	0.47 (12)	1.96 (50)
Granulated Rubber	0.017 (0.425)	0.47 (12)
Ground Rubber	-	<0.017 (0.425)
Powered Rubber	-	<0.017 (0.425)

*Tire Chips* akan tenggelam apabila dimasukkan di dalam air, sedangkan *Crumb Rubber* akan mengapung ketika dimasukkan di dalam air, sehingga dapat diketahui berat jenis dari *Crumb Rubber* lebih kecil dari berat jenis air dan berat jenis dari *Tire Chips* lebih besar dari air. *Tire Chips* memiliki nilai berat jenis 1.02 – 1.27 sedangkan *Crumb Rubber* memiliki berat jenis dari 0.75 - 0.9

Modulus elastisitas adalah rasio dari tegangan yang diterapkan dan regangan yang terjadi, dengan kata lain kemampuan bahan atau material untuk menahan deformasi yang terjadi. Modulus elastisitas dari pasir sebesar 6000 psi sampai 12000 psi dan kerikil memiliki modulus elastisitas yang jauh lebih besar dari pasir. Bila dibandingkan antara pasir kerikil, modulus elastisitas karet ban sangat rendah. Apabila dicampurkan kedalam beton, limbah ban karet akan lebih bersifat melemahkan beton (Liu, 2013).

Segre dan Jokes (2000) menganalisa kuat tekan dan kuat lentur dari beton *Crumb Rubber* 10% dimana untuk mendapatkan daya lengket antara pasta semen dan *Crumb Rubber*, mereka merendam karet tersebut didalam larutan NaOH selama 20 – 30 menit. Hasil dari pemeriksaan mikroskopi menunjukkan partikel karet akan dapat tertutupi lebih baik oleh pasta semen apabila direndam terlebih dahulu didalam larutan NaOH. Hasil dari pengujian beton *Crumb Rubber* dengan perendaman NaOH memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding beton *Crumb Rubber* tanpa perlakuan dengan NaOH.

Serbuk ban bekas berbentuk butiran-butiran kecil dari ban bekas yang dibuat dalam ukuran tertentu yang digunakan untuk modifikasi bahan aspal paving atau sebagai filler. Sifat-sifat serbuk ban bekas yang dapat mempengaruhi interaksi dalam proses pembuatan yakni ukuran partikel, spesifikasi area permukaan, dan komposisi kima (Heitzamn, 1992). Serbuk ban bekas diperoleh dari ban yang melalui beberapa proses yaitu :

1. Sistem *Ambient grinding*, adalah suatu metode proses dimana ban bekas tersebut diparut dan digiling yang diproses pada temperatur ruang.
2. Sistem *Cryogenic grinding*, adalah proses yang menggunakan nitrogen cair untuk membekukan ban bekas sehingga menjadi rapuh dan kemudian dengan menggunakan sebuah *hammer mill* untuk menghancurkan karet yang beku tersebut menjadi partikel-partikel yang halus.
3. Sistem *Wet-Ambient grinding* adalah proses melarutkan yang dapat digunakan untuk menghasilkan ukuran partikel karet antara 200-500 mesh. (*Cal Recovery, 2004*)

Penggunaan beton limbah karet dapat digunakan untuk beberapa proses konstruksi seperti (Naik,2002):

1. Pada lokasi yang memerlukan penahan getaran seperti pondasi untuk mesin yang memiliki getaran tinggi
2. Pada lokasi yang tahan terhadap guncangan keras seperti pada penyangga rel kereta api.
3. Karena berat yang ringan dapat pula digunakan untuk kebutuhan arsitektural seperti desain interior
4. Dapat pula pengaplikasiannya sebagai penahan guncangan gempa bumi namun masih diperlukan penelitian lanjutan.

## **2.3 Kekuatan Beton**

Dalam pembuatan beton selalu diperhatikan sifat-sifat dari beton yang kita inginkan. Sifat utama dan umum kita kehendaki adalah sifat-sifat mekanis beton. Hal ini mempengaruhi kita dalam perhitungan dan pembuatan campuran beton. Sifat-sifat mekanis beton dapat dikaitkan dengan dua kondisi, yakni beton masih baru dan encer yang sering disebut beton segar, dan beton dengan kondisi yang sudah mengeras.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dari material penyusunnya ditentukan oleh faktor air semen, porositas dan faktor-faktor intrinsik lainnya seperti kekuatan agregat, kekuatan pasta semen, kekuatan ikatan/lekatan antara semen dengan agregat.

Perilaku mekanik beton keras merupakan kemampuan beton di dalam memikul beban pada struktur bangunan. Kinerja beton keras yang baik ditunjukkan oleh kuat tekan beton yang tinggi, kuat tarik yang lebih baik, perilaku yang lebih daktail, kedap air dan udara, ketahanan terhadap sulfat dan klorida, penyusutan rendah dan keawetan jangka panjang.

### **2.3.1 Kuat Lentur Beton**

Yang dimaksud dengan kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (Mpa) gaya tiap satuan luas. Metode pengujian kuat lentur di laboratorium dengan menggunakan balok uji yaitu balok beton yang

berpenampang bujur sangkar dengan panjang total balok empat kali lebar penampangnya (SNI 03-4431-1997).

Jarak titik belah balok sampai ujung balok sangat penting untuk menentukan rumus yang dipakai, yaitu :

- a. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$R = \frac{P.L}{bd^2} \dots\dots\dots (1), \text{ bila benda uji patah pada } 1/3 \text{ bentang}$$

- b. Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada diluar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik dan titik patah kurang dari 5 % dari panjang titik perletakan maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan:

$$R = \frac{3P.a}{bd^2} \dots\dots\dots (2), \text{ bila benda uji patah diluar } 1/3 \text{ bentang dan garis patah } < 5\% \text{ dari bentang}$$

Keterangan :

$R$  = kuat lentur ( $\text{N/mm}^2$ )

$P$  = beban maksimum total (N)

$L$  = Panjang bentang (mm)

$b$  = Lebar benda uji (mm)

$d$  = Tebal benda uji (mm)

$a$  = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kuat lentur benda uji yaitu:

1. Dimensi benda uji

Dimensi yang baku adalah 100 x 100 x 400 mm dengan rasio bentang terhadap ketinggiannya sebesar tiga kali. Untuk lebar dan bentang yang sama, nilai kekuatan lentur benda uji mengecil dengan bertambahnya ketinggian benda uji.

2. Ukuran benda uji

Keseragaman hasil pengujian meningkat dengan membesarnya ukuran benda uji. Secara umum dapat dikatakan kekuatan lentur beton berkurang dengan membesarnya ukuran benda uji.

3. Laju Pembebanan

Sama halnya dengan kuat tarik beton, kekuatan lentur beton umumnya meningkat dengan meningkatnya laju pembebanan yang diterapkan.

4. Kelembaban dan Suhu

Hasil pengujian lentur sangat dipengaruhi oleh kelembaban benda uji pada saat pengujian. Jika benda uji di tes pada kondisi kering, nilai kuat lentur yang diperoleh biasanya lebih rendah 10-30% dari kuat lentur yang diperoleh dari benda uji jenuh. Penurunan kekuatan lentur juga terjadi pada benda uji yang dites pada temperatur yang lebih tinggi.

## 2.4 Hasil Penelitian Sebelumnya

Naik, Siddique (2002) melakukan studi pada beton dengan kandungan agregat limbah karet ban dimana terjadi penurunan kekuatan beton pada penambahan limbah ban karet dan sangat terbatas pada konstruksi yang bersifat struktural. Namun, penelitian ini menunjukkan beberapa sifat yang dapat digunakan pada konstruksi untuk beton limbah ban karet seperti isolasi suara yang lebih baik, massa jenis yang lebih rendah, meningkatkan daktilitas dan ketahanan terhadap lingkungan. Diperoleh juga hasil dimana memungkinkan untuk membuat beton ban karet mutu tinggi dengan penambahan zat adiktif yang dapat memberikan ikatan yang lebih baik pada karet dan peningkatan yang cukup signifikan pada kekuatan beton limbah karet.

Liu (2013) menggunakan limbah ban karet sebagai pengganti agregat dimana penggunaan volume limbah ban yang digunakan mulai dari persentase yang kecil hingga besar. Hasil studi tersebut mengindikasikan penggunaan limbah ban karet baik itu *Crumb Rubber* maupun *Tire Chips* dapat digunakan dengan batas sampai penggunaan 10% dari agregat yang digunakan. Beton limbah karet memiliki ketahanan terhadap tumbukan dikarenakan karet yang ada dalam beton dapat menyerap energi yang timbul dari tumbukan tersebut. Ketahanan beton limbah karet dengan penggantian 10% sangat baik namun dengan penggantian 20% dan 30% gagal dalam tes ketahanan tersebut. Ban karet didalam beton dapat digunakan sebagai material yang dapat menahan *freeze/thaw*.

Grinys dkk (2012) menjelaskan bahwa efek penambahan *Crumb Rubber* pada beton menurunkan kuat tekan, lentur dan tarik belah beton apabila



penambahan *Crumb Rubber* lebih dari 30% walaupun *Crumb Rubber* memiliki sifat yang elastis, mudah dibentuk, dan lentur. Pengujian kuat lentur pada beton *Crumb Rubber* 7% meningkat tetapi ketika *Crumb Rubber* yang digunakan lebih dari 30% sangat menurunkan kuat lentur beton dibandingkan kuat tekannya. Perubahan pada kemampuan mekanik beton *Crumb Rubber* dapat dihitung menggunakan persamaan eksponensial matematika.

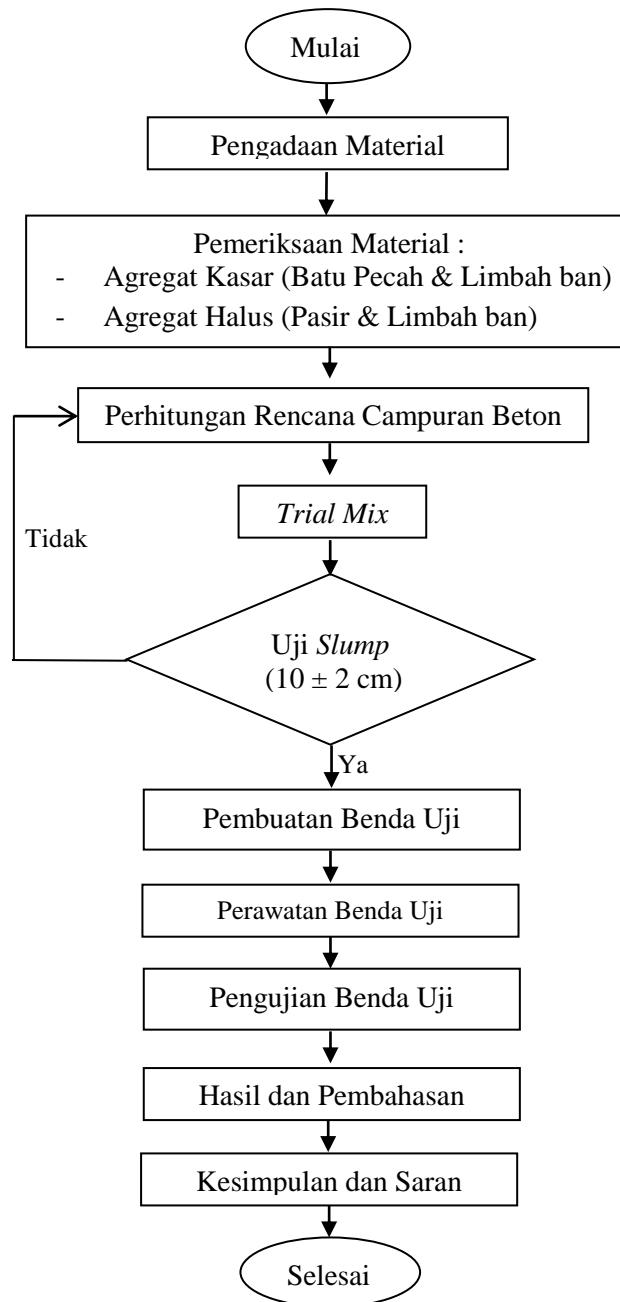
Rangaraju, Gadkar (2012) menjelaskan bahwa *crumb rubber* dan *tire chips* dapat menurunkan kuat tekan beton namun memiliki banyak fungsi lain untuk meningkatkan ketahanan dari beton dengan penambahan limbah ban karet dengan jumlah tertentu. Selama *crumb rubber* dan *tire chips* terselimuti dengan baik oleh pasta semen dan diberikan perlakuan dengan NaOH maka *crumb rubber* dan *tire chips* tidak akan mengalami perubahan apapun hal ini sudah dibuktikan dengan tes mikroskopik. Beton mutu tinggi yang ditambahkan limbah ban karet truk akan memiliki ketahanan lebih dalam suhu yang tinggi. Faktor ketahanan beton limbah ban karet sangat baik. Tes *freeze and thaw* menunjukkan bahwa beton dengan penggantian limbah ban karet truk akan lebih tahan daripada beton normal.

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

##### 3.1 Bagan Alir Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian yang dilaksanakan di laboratorium dapat dilihat pada bagan berikut ini:



**Gambar 3.1** Bagan Alir Metodologi Penelitian

## 3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

### 3.2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa.

### 3.2.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan (Februari – Agustus 2015)

## 3.3 Desain Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah benda uji beton berbentuk balok dengan ukuran  $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$ . Total benda uji yang digunakan adalah 21 buah dimana kesemuanya itu digunakan untuk pengujian lentur.

Pembuatan benda uji ini meliputi beton normal dan beton dengan pengganti agregat kasar dan halus dari limbah ban karet dengan variasi 10%, 20%, dan 30% dari volume pasir dan kerikil dikali berat jenis limbah ban tersebut.

**Tabel 3.1** Jumlah Benda Uji

Beton	Umur Pengujian (Hari)	Jumlah Sampel Balok
Beton Normal	28	3
Beton <i>Crumb Rubber</i> 10%		3
Beton <i>Crumb Rubber</i> 20%		3
Beton <i>Crumb Rubber</i> 30%		3
Beton <i>Tire Chips</i> 10%		3
Beton <i>Tire Chips</i> 20%		3
Beton <i>Tire Chips</i> 30%		3
	Jumlah	21

### **3.4 Alat dan Bahan Penelitian**

#### **3.4.1. Alat yang Digunakan**

1. Timbangan
2. Oven
3. Satu set saringan
4. Mesin penggetar ayakan (*Shieve shaker*)
5. Corong konik / *Conical Mould*
6. Kerucut Abrams
7. *Universal Testing Machine* kapasitas 1000 kN.
8. Mesin Pencampur bahan (*mixer*/molen).
9. Satu set alat uji *slump*
10. Cetakan benda uji berbentuk balok 10 x 10 x 40 cm
11. Bak Perendaman
12. Mistar
13. Ember, selang air, dan sikat
14. *LVDT (Longitudinal Variable Diferencial Tranducer)*
15. *Data Logger*

#### **3.4.2. Bahan yang digunakan**

1. Semen PCC merk Tonasa.
2. Agregat halus (pasir) asal Sungai Jeneberang, Gowa,
3. Agregat kasar (*chipping*) asal Sungai Jeneberang, Gowa,

4. Limbah ban karet pengganti agregat halus berbentuk serbuk yang lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 100 yang berasal dari PT. Tifunindo Raya.
5. Limbah ban karet pengganti agregat kasar berbentuk kotak yang lolos saringan No. 3/4 dan tertahan saringan No. 4 yang berasal dari PT. Tifunindo Raya
6. Air yang digunakan untuk campuran dan *curing* benda uji adalah air PDAM Laboratorium Struktur dan Bahan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Gowa.
7. Larutan NaOH 10%

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat dilakukan untuk mengetahui apakah agregat kasar dan halus yang digunakan sudah memenuhi spesifikasi untuk pembuatan benda uji. Semen PCC yang digunakan tidak diuji karena semen tersebut telah dianggap memenuhi spesifikasi sesuai ketentuan, sedangkan untuk limbah ban karet pemeriksaan hanya dilakukan terhadap berat volume. Pemeriksaan karakteristik agregat yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia).

**Tabel 3.2** Metode Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian	Metode Pengujian	
	Agregat Halus	Agregat Kasar
Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	SNI 03-1968-1990

Berat Jenis dan Penyerapan Air	SNI 03-1970-1990	SNI 03-1969-1990
Berat Volume dan Rongga Udara	SNI 03-4804-1998	SNI 03-4804-1998
Kadar air	SNI 03-1971-1990	SNI 03-1971-1990
Kadar Lumpur	SNI 03-4142-1996	SNI 03-4142-1996
Kadar Organik	SNI 03-2816-1992	-

### 3.5.2 Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Metode rancangan campuran (*mix design*) yang digunakan adalah metode DOE “*Development of Environment*”. Di Indonesia metode ini diadopsi ke SNI yang dimuat dalam buku standar No. SK. SNI T-15-1990-03

### 3.5.3. Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini proses pencampuran dilakukan dengan *concrete mixer* (mesin pengaduk beton) dimana untuk mendapatkan mutu beton yang baik, pelaksanaan di lapangan harus baik dan benar. Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil *mix design*.
2. Untuk limbah ban karet *crumb rubber* dan *tire chips* yang akan digunakan, terlebih dahulu ditimbang sesuai komposisi *mix design* lalu direndam di dalam larutan NaOH selama  $\pm 30$  menit sebelum dimasukkan kedalam *concrete mixer*.

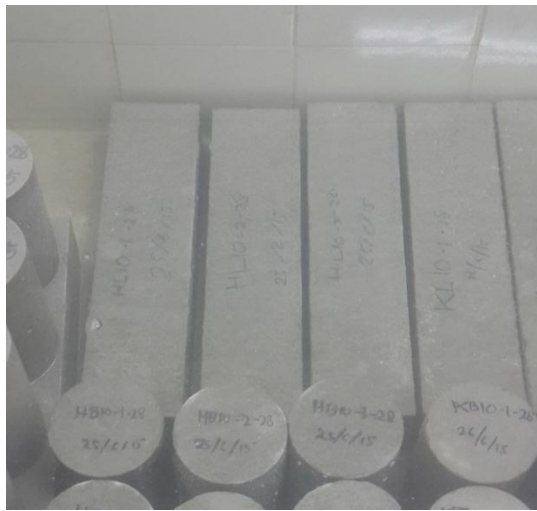
3. Menyiapkan *concrete mixer* dimana *concrete mixer* terlebih dahulu dibasahi dengan air agar ketika pencampuran dilakukan, komposisi air yang telah dihitung tidak berkurang akibat diserap oleh dinding *concrete mixer*.
4. Lalu masukkan agregat kasar, agregat halus, *crumb rubber* (untuk beton *crumb rubber*) atau *tire chips* (untuk beton *tire chips*) dan air 1/3 bagian. Aduk hingga bahan tersebut tercampur merata.
5. Masukkan semen lalu putar mixer selama 1 menit kemudian masukkan sisa air tadi kedalam *concrete mixer* lalu tunggu hingga menghasilkan campuran beton yang homogen.
6. Setelah tercampur rata, dilakukan uji slump untuk mengukur tingkat *workability* adukan. Apabila nilai *slump* telah memenuhi spesifikasi, selanjutnya adukan beton dituangkan ke dalam cetakan balok, lalu ditumbuk pada semua sisi beton sehingga beton menjadi padat dan rongga udara didalam cetakan keluar.
7. Diamkan selama 24 jam.
8. Setelah 24 jam, cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan beton (*curing*).



**Gambar 3.2** Pembuatan Benda Uji

### 3.5.4 Metode Perawatan Benda Uji

Benda uji yang telah dilepas dari cetakan kemudian diberikan nama sampel lalu dilakukan perawatan benda uji (*curing*) dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman sampai batas waktu pengujian yang telah ditentukan. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah.



**Gambar 3.3** Proses Perawatan (*curing*) Benda Uji

### 3.6 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) dengan kapasitas 1000 kN, pengujian kuat lentur dilakukan berdasar SNI 03-4431-1997. Prosedur pengujian kuat lentur adalah sebagai berikut:

1. Mengangkat sampel beton dari bak perendaman yang telah mencapai umur pengujian , lalu diamkan sampel beton untuk beberapa saat hingga kering permukaan lalu timbang sampel.
2. Buat garis melintang sebagai tanda dan petunjuk titik perletakan dan titik pembebanan.



3. Nyalakan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan.
4. Tempatkan benda uji yang sudah diberi tanda diatas dua perletakan sedemikian hingga tanda untuk tumpuan yang dibuat pada benda uji yang berjarak 300mm tepat pada pusat tumpuan dari alat uji. Atur sedemikian rupa sehingga pada saat beban diberikan kedua titik penekan jatuh ditengah-tengah sampel. Jarak antar titik penekan sebesar 100mm.
5. Setelah posisi sampel terpasang dengan baik, lakukan pengujian.
6. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang dicapai ketika terjadi patahan pada benda uji
7. Catat hasil pengujian lalu lakukan percobaan untuk tiap sampel dengan cara yang sama.



**Gambar 3.4** Pengujian Kuat Lentur Balok

Untuk perhitungan kuat lentur berdasarkan SNI 03-4431-1997 yang memberikan rumus lentur sebagai berikut:

$$R = \frac{P.L}{bd^2} \dots\dots\dots (1), \text{ bila benda uji patah pada } 1/3 \text{ bentang}$$

$$R = \frac{3P.a}{bd^2} \dots\dots\dots (2), \text{ bila benda uji patah diluar } 1/3 \text{ bentang dan garis patah} \\ < 5\% \text{ dari bentang}$$

Keterangan :

$R$  = kuat lentur ( $\text{N/mm}^2$ )

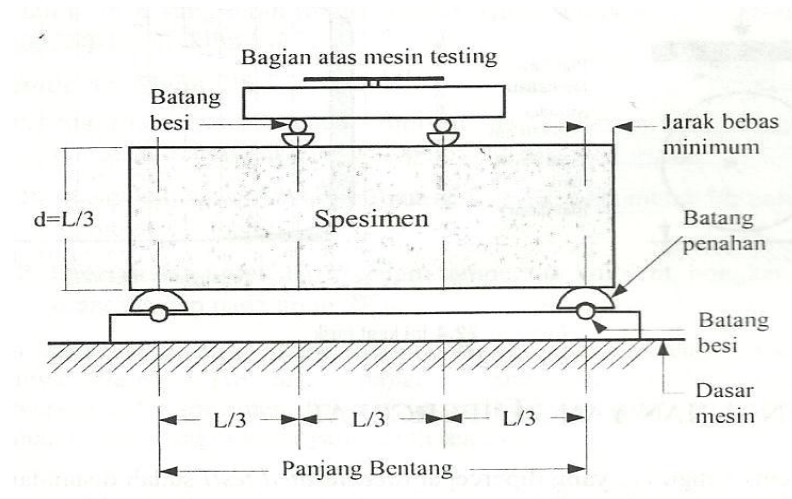
$P$  = beban maksimum total (N)

$L$  = Panjang bentang (mm)

$b$  = Lebar benda uji (mm)

$d$  = Tebal benda uji (mm)

$a$  = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen.



**Gambar 3.5** Sketsa Pengujian Kuat Lentur

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

##### 4.1.1 Karakteristik Agregat

Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), limbah ban dan semen portland komposit. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pengujian agregat ini mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia).

Hasil rekapitulasi pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL SPESIFIKASI	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1	Kadar lumpur	Maks 5 %	3,00%	Memenuhi
2	Kadar organik	< NO. 3	NO. 1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2,04%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1.6 - 1.9 kg/liter	1,46	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1.6 - 1.9 kg/liter	1,51	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 2%	1,01%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Curah	1.6 - 3.3	2,40	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.3	2,43	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1.6 - 3.3	2,46	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1.50-3.80	2,56	Memenuhi

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL SPESIFIKASI	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1	Kadar lumpur	0.2% - 1%	0,30%	Memenuhi
2	Kadar air	0.5% - 2%	1,01%	Memenuhi
3	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1.6- 1.9 kg/liter	1,63	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1.6- 1.9 kg/liter	1,67	Memenuhi
4	Absorpsi	maks 4%	3,31%	Memenuhi
5	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Curah	1.6 - 3.3	2,49	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.3	2,58	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1.6 - 3.3	2,72	Memenuhi
6	Modulus kekasaran	6.0 - 7.1	6,72	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian agregat di atas, diperoleh karakteristik agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang memenuhi kriteria sebagai material penyusun beton.

Pengujian limbah ban karet sebagai pengganti agregat halus dilakukan pengujian analisa saringan dimana limbah ban karet tersebut sebelumnya telah diolah menjadi butiran menyerupai pasir dan telah lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No.100. Sedangkan untuk pengujian limbah ban karet sebagai pengganti agregat kasar dilakukan juga pengujian analisa saringan dimana limbah ban karet tersebut lolos saringan  $\frac{3}{4}$  dan tertahan saringan No. 4

#### 4.1.2 Komposisi Campuran Beton

Pada penelitian ini yang menjadi sumber acuan dalam penyusunan rancangan campuran (*mix design*) adalah metode *Development of Environment* (DOE) untuk komposisi beton normal sesuai dengan tabel 4.3. Untuk beton dengan substitusi *tire chips* dan *crum rubber* sebagai pengganti agregat dilakukan sesuai variasi yang telah ditentukan yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30% dari volume

agregat. Dengan demikian komposisi beton substitusi *tire chips* dan *crum rubber* sebagai pengganti pasir dan kerikil menggunakan metode perbandingan dari volume agregat.

Adapun hasil campuran beton dengan *tire chips* sebagai pengganti agregat kasar dan *crumb rubber* sebagai pengganti agregat halus dalam satuan kg untuk tiga variasi (10%, 20%, 30%) setiap pemakaian limbah ban dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

**Tabel 4.3** Komposisi Campuran Beton Untuk 1m<sup>3</sup>

No.	Jenis Beton	Beton Normal	Beton <i>Crumb Rubber</i> 10%	Beton <i>Crumb Rubber</i> 20%	Beton <i>Crumb Rubber</i> 30%	Beton <i>Tire Chips</i> 10%	Beton <i>Tire Chips</i> 20%	Beton <i>Tire Chips</i> 30%
	Material (kg/m <sup>3</sup> )	(NC)	(NCR-10)	(NCR-20)	(NCR-30)	(NTC-10)	(NTC-20)	(NTC-30)
1	Air	230.82	230.82	230.82	230.82	230.82	230.82	230.82
2	Semen	450	450	450	450	450	450	450
3	Pasir	547.36	492.62	437.88	383.15	547,36	547,36	547,36
4	Kerikil	931.58	931.58	931.58	931.58	838,42	745,26	652,10
5	<i>Crumb rubber</i>	-	20.72	41.45	62.17	-	-	-
6	<i>Tire Chips</i>	-	-	-	-	42,57	85,14	127,71

## 4.2 Hasil Pengujian Beton

### 4.2.1 *Slump*

Pengukuran *Slump Test* dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan adukan beton, yang dapat menggambarkan kemudahan pengerjaan (*workability*) beton tanpa menyebabkan terjadinya segregasi pada beton. Adapun hasil dari pengujian *slump* dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah

**Tabel 4.4** Hasil Pengukuran *Slump* Beton

No.	Volume Agregat (%)	Nilai <i>Slump Crumb Rubber</i> (cm)	Nilai <i>Slump Tire Chips</i> (cm)
1	0%	10	10
2	10%	10,5	10
3	20%	10	9,5
4	30%	8,5	8,5

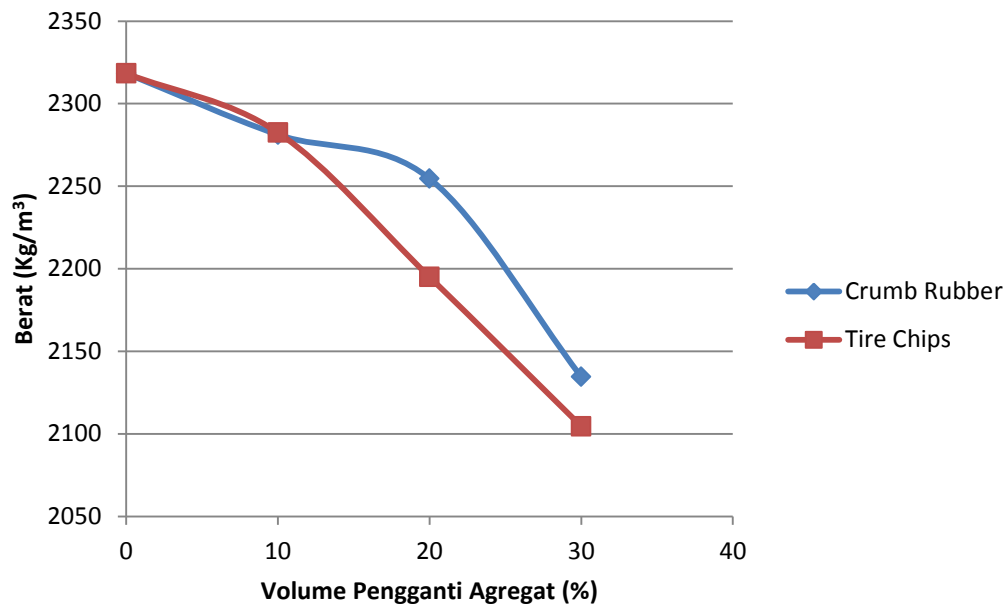
Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa nilai *slump* semakin menurun seiring meningkatnya volume *tire chips* dan *crumb rubber*. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar penambahan *tire chips* dan *crumb rubber* pada campuran beton, maka akan menurunkan sifat *workability* dari beton tersebut namun untuk penambahan 10% *tire chips* dan *crumb rubber* belum berpengaruh banyak pada nilai slump. Namun kesemuanya itu masih tetap memenuhi batas syarat nilai *slump test* untuk beton yaitu  $10 \pm 2$  cm.

#### 4.2.2 Berat Volume Beton

Pemeriksaan berat volume beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Adapun hasil pengujian berat volume beton rata-rata dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Hasil Pengujian Berat Satuan Beton Rata-Rata

No.	Volume Agregat (%)	Beton <i>Crumb Rubber</i> (Kg/m <sup>3</sup> )	Reduksi (%)	Beton <i>Tire Chips</i> (Kg/m <sup>3</sup> )	Reduksi (%)
1	0	2318,33	0	2318,33	0
2	10	2281,25	1,60	2282,50	1,55
3	20	2254,58	2,75	2195,00	5,32
4	30	2134,58	7,93	2104,58	9,22



**Gambar 4.1** Grafik Hubungan Antara Berat Volume Beton dengan Persentase Pengganti Agregat

Dari Tabel 4.5 dan Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan limbah ban karet pada campuran beton, maka berat volume beton akan semakin ringan serta beton yang memiliki berat paling ringan adalah beton *Tire Chips*. Dari grafik diatas dapat dilihat pada volume penggantian agregat 10% tidak terdapat perbedaan yang jauh antara *Crumb Rubber* dan *Tire Chips*, namun pada penambahan 20% dan 30% terdapat perbedaan yaitu beton *Tire Chips* memiliki berat yang lebih ringan. Beton ini pun belum dapat dikatakan sebagai beton ringan ini dikarenakan berat volume beton ringan antara 1140 – 1840 kg/m<sup>3</sup> (SNI 03-2847-2013).

## 4.3 Pembahasan

### 4.3.1 Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari dengan menggunakan balok berukuran 100 mm x 100 mm x 400 mm dimana pembebanan pada 1/3 bentang untuk mendapatkan lentur murni tanpa gaya geser. Pengujian kuat lentur mengacu pada SNI 03 - 4431 – 1997.



**Gambar 4.2** Pengujian Kuat Lentur Beton

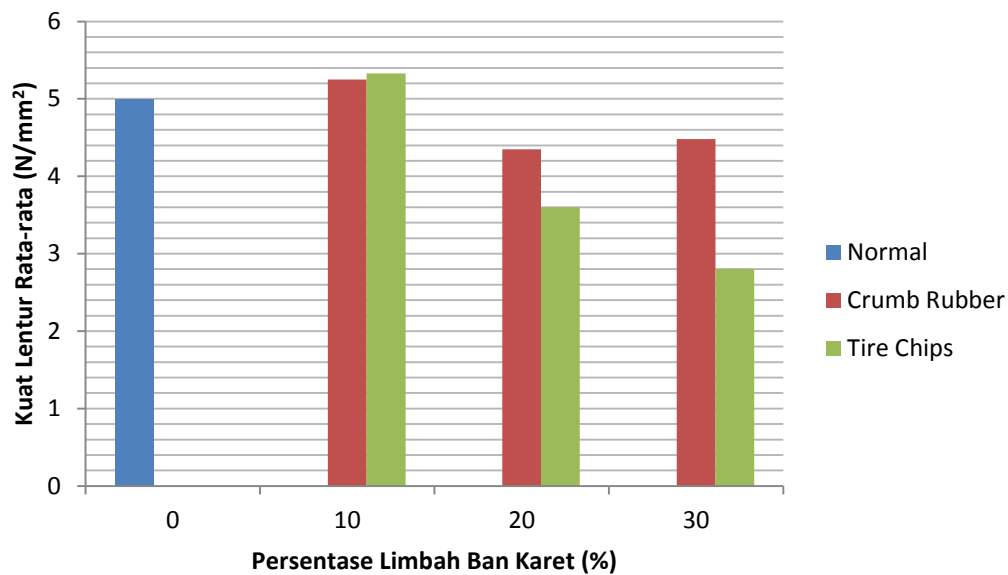
Dari hasil pengujian diperoleh kuat lentur pada umur 28 hari. Adapun hasil pengujian kuat lentur beton substitusi *crumb rubber* dan *tire chips* dapat dilihat pada Tabel 4.6:

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian Kuat Lentur (*Modulus of Rupture*)

Benda Uji Umur (Hari)	Modulus of Rupture (N/mm <sup>2</sup> )						
	Normal	<i>Crumb Rubber</i> 10%	<i>Crumb Rubber</i> 20%	<i>Crumb Rubber</i> 30%	<i>Tire Chips</i> 10%	<i>Tire Chips</i> 20%	<i>Tire Chips</i> 30%
28	5,52	5,36	4,32	4,64	5,28	2,96	2,72
	5,14	5,20	4,72	4,24	5,28	3,76	2,64
	4,30	5,20	4,00	4,56	5,44	4,08	3,04
Rata-rata	4,99	5,25	4,35	4,48	5,33	3,60	2,80



Dari data pengujian yang ada pada tabel 4.6, maka diperoleh hasil seperti yang terlihat pada grafik batang berikut ini:



**Gambar 4.3.** Grafik Hubungan Persentase Limbah Ban Karet dan Kuat Lentur

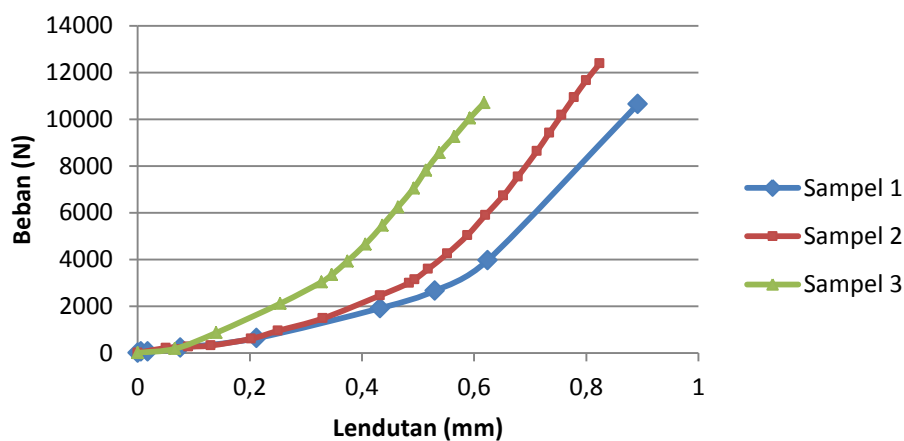
Dapat dilihat pada Gambar 4.4, diperoleh hasil bahwa semakin besar volume limbah ban karet pada beton, maka kuat lenturnya akan mengalami penurunan. Namun khusus untuk beton dengan substitusi limbah ban karet variasi 10% baik itu *crumb rubber* dan *tire chips* memiliki nilai kuat lentur lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal.

Pada grafik dapat dilihat pula bahwa nilai kuat lentur *crumb rubber* 10% yaitu 5,253 N/mm<sup>2</sup> atau meningkat 5,33% dari kuat lentur beton normal, sedangkan untuk beton *tire chips* 10% juga memiliki nilai kuat lentur lebih tinggi dari beton normal yaitu 5,333 N/mm<sup>2</sup> atau meningkat 6,87% dari kuat lentur beton normal. Namun, pada beton limbah ban karet variasi 20% dan 30% mengalami

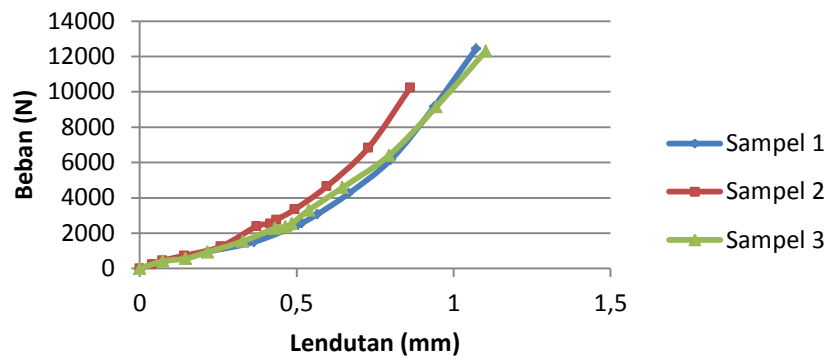
penurunan kuat lentur dibandingkan kuat lentur beton normal. Dari grafik diatas menyatakan beton yang memiliki nilai kuat lentur paling tinggi yaitu beton *tire chips* 10%.

Apabila beban bertambah, maka pada balok akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila beban semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Taraf pembebanan yang demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur. Apabila suatu beban menyebabkan lentur, maka balok pasti akan mengalami defleksi atau lendutan.

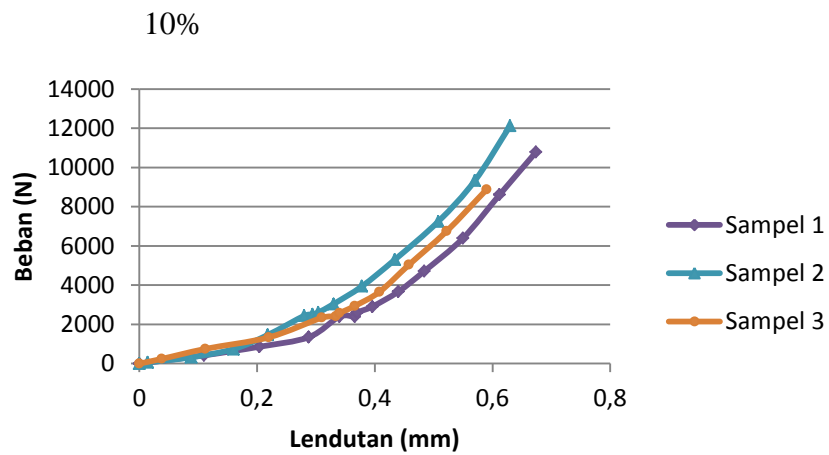
Dalam pelaksanaan pengujian kuat lentur terhadap benda uji ini, juga dilakukan pengamatan terhadap deformasi yang terjadi selama pembebanan yang sering dikenal sebagai lendutan.



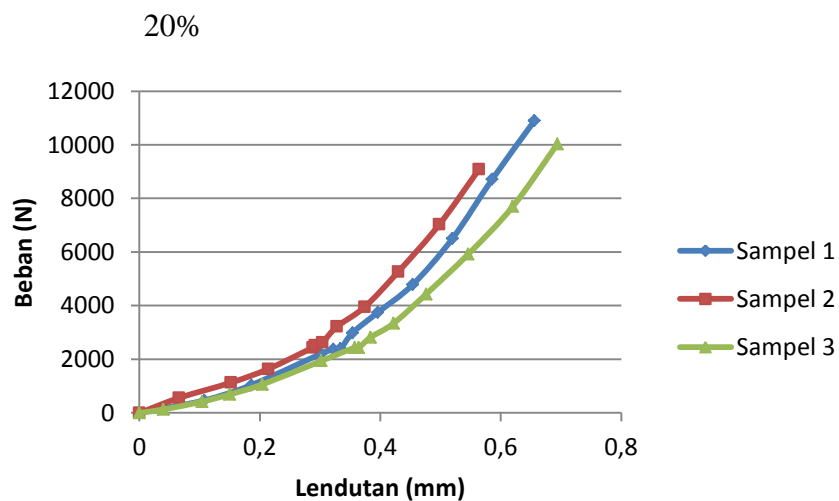
**Gambar 4.4** Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton Normal



**Gambar 4.5** Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton *Crumb Rubber*

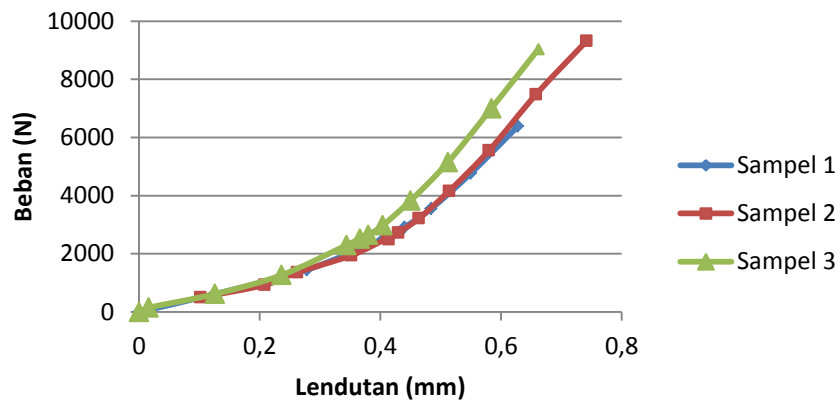


**Gambar 4.6** Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton *Crumb Rubber*

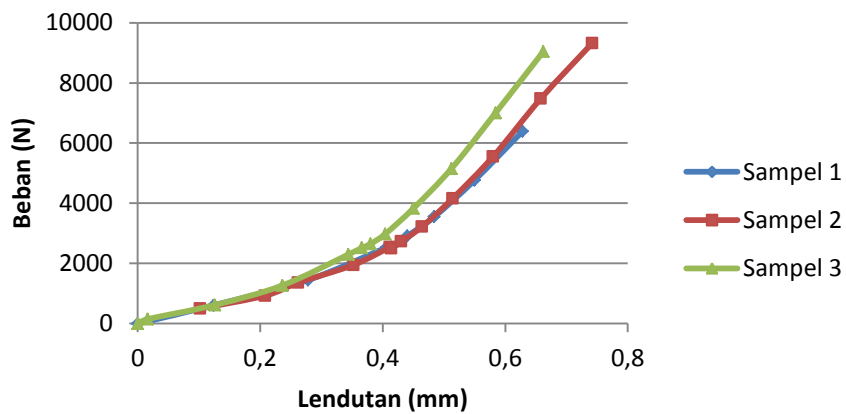


**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton *Crumb Rubber*

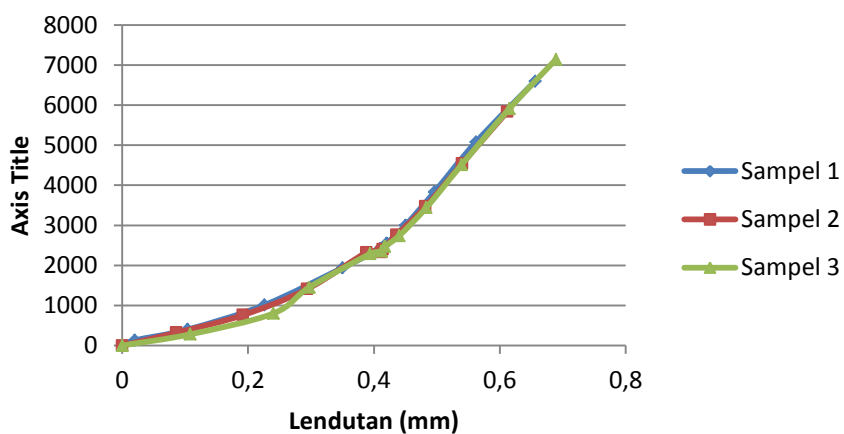
30%



**Gambar 4.8** Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton *Tire Chips* 10%



**Gambar 4.9** Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton *Tire Chips* 20%



**Gambar 4.10** Grafik Hubungan Beban Lentur dan Lendutan Beton *Tire Chips* 30%

**Tabel 4.7** Rekapitulasi Nilai Hubungan Antara Beban dan Lendutan

Variasi Benda Uji	Sampel 1		Sampel 2		Sampel 3		Rata-rata	
	Beban (N)	Lendutan (mm)	Beban (N)	Lendutan (mm)	Beban (N)	Lendutan (mm)	Beban (N)	Lendutan (mm)
Normal	10640	0.8920	12378	0.8240	10704	0.6180	11241	0.7780
Halus 10%	12450	1.0720	10240	0.8620	12300	1.1020	11663	1.0120
Halus 20%	10790	0.6300	12130	0.6300	8880	0.5900	10600	0.6167
Halus 30%	10900	0.6560	9090	0.5640	10030	0.6940	10007	0.6380
Kasar 10%	10290	0.9940	12480	0.9520	9920	0.8680	10897	0.9380
Kasar 20%	6390	0.6280	9320	0.7420	9040	0.6620	8250	0.6773
Kasar 30%	6600	0.6560	5840	0.6120	7140	0.6890	6527	0.6523

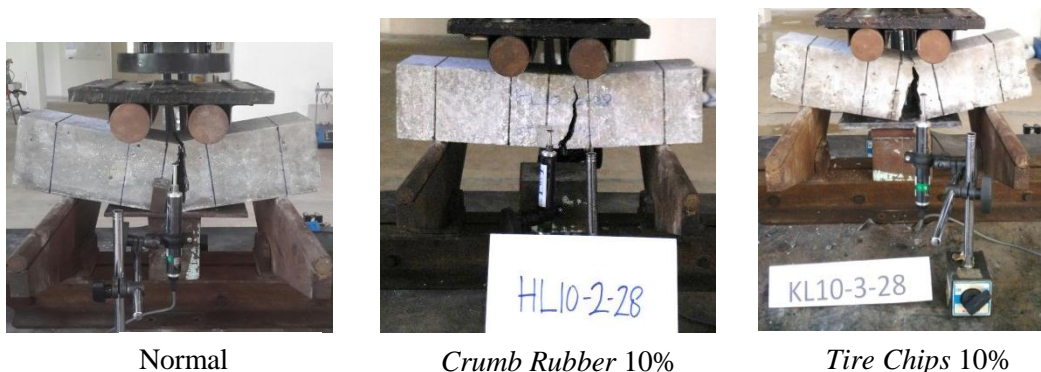
Dari grafik hubungan antara beban dan lendutan di atas memperlihatkan bahwa hubungan antara beban dan lendutan cenderung membentuk garis linier. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi beban yang diberikan maka pertambahan nilai lendutan semakin besar hingga mencapai kondisi lentur maksimum sebelum sampel akhirnya runtuh.

Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa beton *Crumb Rubber* 10% memiliki nilai lendutan yang lebih tinggi dan mampu menahan beban lentur lebih besar dari beton normal. Kemampuan beton *Crumb Rubber* 10% untuk menahan beban lentur lebih tinggi 30% dari beton normal. Untuk beton *Tire Chips* 10% juga memiliki nilai beban lentur dan lendutan yang mendekati beton normal, namun pada beton *Tire Chips* 20% dan 30% memiliki nilai lendutan dan ketahanan untuk memikul beban mengalami penurunan yang cukup signifikan berbeda dengan beton *Crumb Rubber* 20 % dan 30% memiliki nilai penurunan yang tidak terlalu besar.

Dalam penelitian ini juga, seluruh benda uji tidak memperlihatkan retak saat menerima beban dan langsung patah sambil mengeluarkan bunyi ini menunjukkan bahwa benda uji bersifat getas.

#### 4.3.2 Analisa Pola Keretakan

Setelah pengujian kuat lentur balok, hal lain yang diamati pada benda uji adalah saat sampel runtuh (failure). Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada sebagian besar sampel kuat lentur menunjukkan keruntuhan yang terjadi pada daerah  $\frac{1}{3}$  tengah bentang. Hal ini menunjukkan bahwa benda uji tersebut mampu menahan beban lentur dan tidak menyebabkan keruntuhan geser pada benda uji balok. Hasil pengamatan ini juga yang menjadi dasar perhitungan kuat lentur dengan menggunakan rumus sesuai acuan. Pola keruntuhan balok dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.11** Pola Keruntuhan pada Pengujian Lentur

#### 4.3.3. Distribusi Agregat

Segregasi adalah suatu proses pendistribusian agregat pada sebuah campuran beton. Beton yang baik memiliki distribusi agregat yang merata dan agregat tidak terpengaruh oleh gaya gravitasi pada saat beton masih dalam kondisi segar sehingga agregat tidak terkumpul pada bagian bawah atau pada sisi tertentu pada benda uji. Contoh distribusi agregat kasar dalam beton hasil pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 4.6



**Gambar 4.12** Contoh Distribusi Agregat Kasar Dalam Beton

Cara menentukan apakah suatu beton itu mengalami segregasi atau tidak adalah dengan melihat nilai dari rasio segregasi yakni dengan membandingkan jumlah agregat kasar yang ada pada setengah dari bagian atas dan setengah dari bagian bawah benda uji. Tabel 4.14 menunjukkan rasio segregasi yang terjadi pada benda uji.

**Tabel 4.8** Distribusi Agregat Kasar pada Benda Uji

Variasi Benda Uji	Agregat Kasar		Jumlah (butir)
	Atas	Bawah	
Normal	13	11	25
<i>Crumb Rubber</i> 10%	17	16	32
<i>Crumb Rubber</i> 20%	17	18	35
<i>Crumb Rubber</i> 30%	14	15	28

<i>Tire Chips</i> 10%	22	24	46
<i>Tire Chips</i> 20%	14	15	29
<i>Tire Chips</i> 30%	14	15	28

Dari hasil pengamatan mengenai distribusi agregat kasar pada benda uji dan setelah melakukan perhitungan langsung pada permukaan penampang, hasil perhitungan menunjukkan bahwa semua benda uji memiliki distribusi agregat untuk bagian atas dan bagian bawah sampel memiliki nilai perbedaan yang tidak besar. Sehingga dapat dikatakan benda uji yang dihasilkan pada penelitian ini tidak mengalami segregasi.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan lentur beton yang menggunakan limbah ban sebagai agregat, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian kuat lentur beton menunjukkan bahwa kuat lentur beton sangat dipengaruhi oleh volume dari limbah ban. Pada umur 28 hari, kuat lentur rata-rata beton normal sebesar  $4,99 \text{ N/mm}^2$ , beton dengan variasi volume *crumb rubber* 10%, 20%, 30% pada kuat lentur rata-rata 28 hari berturut-turut  $5,25 \text{ N/mm}^2$  ;  $4,35 \text{ N/mm}^2$  ;  $4,48 \text{ N/mm}^2$  sedangkan beton dengan variasi *Tire Chips* 10%, 20%, 30% pada kuat lentur rata-rata 28 hari berturut-turut  $5,33 \text{ N/mm}^2$  ;  $3,60 \text{ N/mm}^2$  ;  $2,80 \text{ N/mm}^2$ .
2. Hasil pembacaan lendutan untuk setiap variasi diperoleh nilai yang berbeda-beda untuk setiap variasi. Kurva dari hasil pembacaan lendutan cenderung membentuk garis linier menunjukkan bahwa besarnya perubahan lendutan seiring penambahan beban. Didapatkan pula hasil pembacaan lendutan dan pembebanan untuk beton *Crumb Rubber* 10% lebih tinggi 30% dari beton normal dan nilai lendutan beton *Crumb Rubber* 10% paling tinggi dari semua variasi.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian diatas maka diajukan beberapa saran sebagai bahan pertimbangan:

1. Berdasarkan kesimpulan diatas, penambahan limbah ban karet 10% sangat bagus untuk beton terutama *Crumb Rubber* 10% dan *Tire Chips* 10% karena memiliki nilai kuat lentur yang lebih tinggi dari beton normal dan memberikan pengaruh yang cukup signifikan serta memiliki berat yang lebih ringan dari beton normal walaupun belum termasuk dalam jenis beton ringan, namun ketika volume yang digunakan lebih dari 10% maka kekuatan lentur beton akan menurun
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk beton limbah ban karet untuk meningkatkan sifat lentur beton .
3. Saat ini limbah ban karet diharapkan dapat digunakan pada konstruksi beton non-struktural dengan pertimbangan berat beton limbah karet lebih ringan dari beton normal

# LAMPIRAN



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME PASIR**

KODE	KETERANGAN	PADAT	LEPAS
A	Volume mould (liter)	6.123	6.123
B	Berat mould kosong (kg)	3.740	3.740
C	Berat mould + benda uji (kg)	12.978	12.655
D	Berat benda uji (C - B)	9.238	8.915
Berat volume	$= \frac{C - B}{A} \text{ (kg/liter)}$	1.51	1.46

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**PEMERIKSAAN KADAR AIR PASIR**

KODE	KETERANGAN	BERAT
A	Berat tempat/talam (gram)	145.00
B	Berat tempat + benda uji (gram)	895.00
C	Berat benda uji = B - A (gram)	750.00
D	Berat benda uji kering (gram)	735.00
Kadar air = $\frac{C - D}{D} \times 100\%$		<b>2.04%</b>

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

---

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR PASIR**

- A. Berat kering sebelum dicuci = 500.00 gram  
B. Berat kering setelah dicuci = 485.00 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur} &= \frac{A - B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{500.00 - 485.00}{500.00} \times 100\% \\ &= 3.00\%\end{aligned}$$

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

---

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS & PENYERAPAN PASIR**

A.	Berat Picnometer	=	205.0	gram
B.	Berat contoh kondisi SSD di udara	=	500.0	gram
C.	Berat Picnometer + air + contoh SSD	=	1,074.0	gram
D.	Berat Picnometer + air (standar)	=	780.0	gram
E.	Berat contoh kering oven di udara	=	495.0	gram

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Curah} &= \frac{E}{D + B - C} \\ &= \frac{495.00}{780.00 + 500.00 - 1,074.00} = 2.40\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{B}{D + B - C} \\ &= \frac{500.00}{780.00 + 500.00 - 1,074.00} = 2.43\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Semu} &= \frac{E}{D + E - C} \\ &= \frac{495.00}{780.00 + 495.00 - 1,074.00} = 2.46\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Water absorption} &= \frac{B - E}{E} \times 100\% \\ &= \frac{500.00 - 495.00}{495.00} \times 100\% = 1.01\%\end{aligned}$$

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

**PEMERIKSAAN KADAR ORGANIK PASIR**

Pemeriksaan pada standar warna menunjukkan *warna larutan bening yaitu no.1 sehingga dapat disimpulkan bahwa pasir tersebut bisa dipakai sebagai bahan campuran beton tanpa dicuci terlebih dahulu.*

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN PASIR**

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	KUMULATIF PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
	Gram	%	%	%
4	0.00	0.00	0.00	100.00
8	135.00	13.50	13.50	86.50
16	126.00	12.60	26.10	73.90
30	220.00	22.00	48.10	51.90
50	254.00	25.40	73.50	26.50
100	208.00	20.80	94.30	5.70
200	54.00	5.40	99.70	0.30
pan	3.00	0.30	100.00	0.00
JUMLAH	1,000.00	100.00		

$$\text{MODULUS KEHALUSAN PASIR (F)} = \frac{255.50}{100} = 2.56$$

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

---

**REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK**  
**AGREGAT HALUS (PASIR)**

Tanggal Periksa : 14 -19 Maret 2015  
Penelitian : Perilaku Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Ban  
sebagai Agregat  
Dikerjakan : Luis Ode Putra  
Diperiksa oleh : Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

NO.	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL SPESIFIKASI	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1	Kadar lumpur	Maks 5 %	3.00%	Memenuhi
2	Kadar organik	< NO. 3	NO. 1	Memenuhi
3	Kadar air	2% - 5%	2.04%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1.6 - 1.9 kg/liter	1.46	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1.6 - 1.9 kg/liter	1.51	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks 2%	1.01%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Curah	1.6 - 3.3	2.40	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.3	2.43	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1.6 - 3.3	2.46	Memenuhi
7	Modulus kehalusan	1.50-3.80	2.56	Memenuhi

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**PEMERIKSAAN BERAT VOLUME KERIKIL**

KODE	KETERANGAN	PADAT	LEPAS
A	Volume mould (liter)	9.721	9.721
B	Berat mould kosong (kg)	3.950	3.950
C	Berat mould + benda uji (kg)	20.220	19.770
D	Berat benda uji (C - B)	16.270	15.820
Berat volume	$= \frac{C - B}{A} \text{ (kg/liter)}$	1.67	1.63

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**PEMERIKSAAN KADAR AIR KERIKIL**

KODE	KETERANGAN	BERAT
A	Berat tempat/talam (gram)	145.00
B	Berat tempat + benda uji (gram)	1645.00
C	Berat benda uji = B - A (gram)	1500.00
D	Berat benda uji kering (gram)	1485.00
Kadar air = $\frac{C - D}{D} \times 100\%$		<b>1.01%</b>

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

**PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR KERIKIL**

A. Berat kering sebelum dicuci = 1000.00 gram

B. Berat kering setelah dicuci = 997.00 gram

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur} &= \frac{A - B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{1000.00 - 997.00}{1000.00} \times 100\% \\ &= 0.30\%\end{aligned}$$

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

---

**PEMERIKSAAN BERAT JENIS & PENYERAPAN KERIKIL**

- A. Berat contoh kondisi SSD di udara = 2,500 gram  
B. Berat contoh kondisi kering oven di udara = 2,420 gram  
C. Berat benda uji SSD dalam air = 1,530 gram

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Curah} &= \frac{B}{A - C} \\ &= \frac{2420.00}{2500.00 - 500.00} = 2.49\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Kering Permukaan} &= \frac{A}{A - C} \\ &= \frac{2500.00}{2500.00 + 1530.00} = 2.58\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Jenis Semu} &= \frac{B}{B - C} \\ &= \frac{2420.00}{2420.00 + 1530.00} = 2.72\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Water absorption} &= \frac{A - B}{B} \times 100\% \\ &= \frac{2500.00 - 2420.00}{2420.00} \times 100\% = 3.31\%\end{aligned}$$

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

---

**PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN KERIKIL**

**Berat contoh kering** = **2000** gram

NOMOR SARINGAN	BERAT TERTAHAN	PERSEN TERTAHAN	KUMULATIF PERSEN TERTAHAN	PERSEN LOLOS
	gram	%	%	%
1	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8 "	1,440.00	72.00	72.00	28.00
No.4	560.00	28.00	100.00	0.00
JUMLAH	2,000.00	100.00	172.00	228.00

$$\begin{aligned}\text{MODULUS KEKASARAN KERIKIL (F)} &= \frac{172.00 + (5 \times 100)}{100} \\ &= 6.72\end{aligned}$$

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

---

**REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN KARAKTERISTIK**  
**AGREGAT KASAR (KERIKIL)**

Tanggal Periksa : 14 -19 Maret 2015  
Penelitian : Perilaku Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Ban  
sebagai Agregat  
Dikerjakan : Luis Ode Putra  
Diperiksa oleh : Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

NO	KARAKTERISTIK AGREGAT	INTERVAL SPESIFIKASI	HASIL PENGAMATAN	KETERANGAN
1	Kadar lumpur	0.2% - 1%	0.30%	Memenuhi
2	Kadar air	0.5% - 2%	1.01%	Memenuhi
3	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1.6- 1.9 kg/liter	1.63	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1.6- 1.9 kg/liter	1.67	Memenuhi
4	Absorpsi	maks 4%	3.31%	Memenuhi
5	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. Curah	1.6 - 3.3	2.49	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan	1.6 - 3.3	2.58	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1.6 - 3.3	2.72	Memenuhi
6	Modulus kekasaran	6.0 - 7.1	6.72	Memenuhi

Makassar, Agustus 2015  
Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT  
Nip. 19720619 200012 2 001





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

**DATA HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON**  
**NORMAL DAN CRUMB RUBBER**

Tanggal Periksa : 15 Juni - 14 Juli 2015  
Penelitian : Perilaku Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Ban sebagai Agregat  
Dikerjakan : Luis Ode Putra  
Diperiksa oleh : Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Benda Uji	Umur Benda Uji	Panjang	Lebar	Tinggi	Berat Benda Uji	Beban Lentur, P	<i>Modulus of Rupture</i>
		L	b	h			R = (P.L)/(bh <sup>2</sup> )
	(hari)	(mm)	(mm)	(mm)	(Kg)	(N)	(Mpa)
Beton Normal (NC)	28	400	100	100	9,330	13.800	5,52
		400	100	100	9,235	12.850	5,14
		400	100	100	9,255	10.750	4,30
Rata-rata							4,99
Beton <i>Crumb Rubber</i> 10% (NCR-10)	28	400	100	100	9,120	13.400	5,36
		400	100	100	9,170	13.000	5,20
		400	100	100	9,085	13.000	5,20
Rata-rata							5,25
Beton <i>Crumb Rubber</i> 20% (NCR-20)	28	400	100	100	8,995	10.800	4,32
		400	100	100	9,010	11.800	4,72
		400	100	100	9,055	10.000	4,00
Rata-rata							4,35
Beton <i>Crumb Rubber</i> 30% (NCR-30)	28	400	100	100	8,480	11.600	4,64
		400	100	100	8,615	10.600	4,24
		400	100	100	8,520	11.400	4,56
Rata-rata							4,48

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

---

**DATA HASIL PENGUJIAN KUAT LENTUR BETON**  
**TIRE CHIPS**

Tanggal Periksa : 15 Juni - 14 Juli 2015  
Penelitian : Perilaku Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Ban sebagai Agregat  
Dikerjakan : Luis Ode Putra  
Diperiksa oleh : Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Benda Uji	Umur Benda Uji	Berat	Tinggi	Tinggi	Berat Benda Uji	Beban Lentur, P	<i>Modulus of Rupture</i>
		L	b	h			R = (P.L)/(bh <sup>2</sup> )
	(hari)	(mm)	(mm)	(mm)	(gr)	(N)	(Mpa)
Beton <i>Tire Chips</i> 10% (NTC-10)	28	400	100	100	9,200	13.200	5,28
		400	100	100	9,050	13.200	5,28
		400	100	100	9,140	13.600	5,44
Rata-rata							5,33
Beton <i>Tire Chips</i> 20% (NTC-20)	28	400	100	100	8,665	7.400	2,96
		400	100	100	8,715	9.400	3,76
		400	100	100	8,960	10.200	4,08
Rata-rata							3,60
Beton <i>Tire Chips</i> 30% (NTC-30)	28	400	100	100	8,365	6.800	2,72
		400	100	100	8,350	6.600	2,64
		400	100	100	8,540	7.600	3,04
Rata-rata							2,80

Makassar, Agustus 2015

Sekretaris Laboratorium Struktur dan Bahan

Dr. Eng. Hj. Rita Irmawaty, ST, MT

Nip. 19720619 200012 2 001



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**RANCANG CAMPURAN BETON**  
**(CONCRETE MIX DESIGN)**  
**METODE DEVELOPMENT OF ENVIROMENT (DOE)**  
**BETON NORMAL**

**Data :**

Kuat tekan rencana ( $f'_c$ )	=	21,7	MPa	
Kuat tekan rata-rata perlu ( $f'_{cr}$ )	=	30	MPa	margin=8.3, maka 21.7+8.3
Ukuran maksimum agregat	=	20	mm	
Tipe semen (SEMEN TONASA)	=	PCC		
Berat jenis spesifik SSD pasir	=	2,43		
Berat jenis spesifik SSD kerikil	=	2,58		
Berat jenis spesifik SSD semen	=	3,150		
Prosentase kumulatif pasir (a)	=	37,64	%	
Prosentase kumulatif kerikil (b)	=	62,36	%	

Tabel 5.3.2.2 Kekuatan tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 5,0$

**a. Menentukan rasio air/semen (w/c)**

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= -10 + 20 \quad (c/w) \\
 30 &= -10 + 20 \quad (c/w) \\
 40 &= 20 \quad (c/w) \\
 (c/w) &= 40 / 20 \\
 (c/w) &= 2 \\
 w/c &= 0,500 \quad \text{atau} \quad 50,0 \quad \%
 \end{aligned}$$

**b. Menentukan kadar air bebas ( $W_{air}$ )**

Tabel Jumlah kadar air dalam beton berdasarkan SNI

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Berdasarkan ukuran agregat maksimum yang digunakan mempersyaratkan bahwa kadar air yang digunakan adalah penambahan zat adiktif) untuk slump minimal 8 cm

20 mm, spesifikasi  
 225 kg/m<sup>3</sup> (tanpa

**c. Menentukan jumlah semen ( $W_{semen}$ )**

$$\begin{aligned}
 w/c &= \frac{W_{air}}{W_{semen}} \\
 0,500 &= \frac{225}{W_{semen}} \\
 W_{semen} &= \frac{225}{0,50} \\
 W_{semen} &= 450 \quad \text{kg/m}^3
 \end{aligned}$$



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**d. Menentukan volume total agregat**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume semen} &= \text{jumlah semen} / \text{berat jenis semen} \\
 &= 450 / 3,15 \\
 &= 142,86 \text{ liter} \\
 \text{Volume air} &= \text{jumlah air} / \text{jenis air} \\
 &= 225 / 1 \\
 &= 225 \text{ liter} \\
 \text{Volume udara} &= 4 \% \times 1000 \text{ liter (asumsi kadar udara 4\%)} \\
 &= 40 \text{ liter} \\
 \text{Volume agregat} &= 1000 - \text{vol. semen} - \text{vol. air} - \text{vol. udara} \\
 &= 1000 - 142,9 - 225 - 40 \\
 &= 592,14 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

**e. Menentukan volume pasir dan kerikil**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pasir} &= a \% \times \text{volume agregat} \\
 &= 37,64 \% \times 592,1 \\
 &= 222,88 \text{ liter} \\
 \text{Volume kerikil} &= b \% \times \text{volume agregat} \\
 &= 62,36 \% \times 592,1 \\
 &= 369,26 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	225,00	225,00	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	541,60	222,88	2,43
Kerikil	952,69	369,26	2,58
Jumlah	2169,30	1000,00	

Kontrol Volume 1000 liter : OK

**Komposisi Material Kondisi Lapangan per m<sup>3</sup>**

$$B_{LP} = \frac{B_{SSD}}{1 + R_p \times 1 - W}$$

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	547,36	225,25	2,43
Kerikil	931,58	361,08	2,58
Jumlah	2159,75	1000,00	



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

**Komposisi Material per Sampel Balok**

Panjang Balok, p : 40 cm = 0,4 m

Tinggi Balok, t : 10 cm = 0,1 m

Lebar Balok, l : 10 cm = 0,1 m

Volume Balok

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= p \times l \times t \\ &= 0,4 \times 0,1 \times 0,1 \\ &= 0,0040 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Material	Kebutuhan Material		
	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 1 sampel x koef 1,2 (kg)	Berat untuk 3 sampel (kg)
Air	0,92	1,11	3,32
Semen	1,80	2,16	6,48
Udara	0,00	0,00	0,00
Pasir	2,19	2,63	7,88
Kerikil	3,73	4,47	13,41



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**RANCANG CAMPURAN BETON**  
**(CONCRETE MIX DESIGN)**  
**METODE DEVELOPMENT OF ENVIROMENT (DOE)**  
**BETON CRUMB RUBBER**

**Data :**

Kuat tekan rencana ( $f'_c$ )	=	21,7	MPa	
Kuat tekan rata-rata perlu ( $f'_{cr}$ )	=	30	MPa	margin=8.3, maka 21.7+8.3
Ukuran maksimum agregat	=	20	mm	
Tipe semen	=	PCC		
Berat jenis spesifik SSD pasir	=	2,43		
Berat jenis spesifik SSD kerikil	=	2,58		
Berat jenis spesifik SSD semen	=	3,150		
Prosentase kumulatif pasir (a)	=	37,64	%	
Prosentase kumulatif kerikil (b)	=	62,36	%	
Berat jenis spesifik SSD crumb rubber	=	0,92		

Tabel 5.3.2.2 Kekuatan tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10f'_c + 5,0$

**a. Menentukan rasio air/semen ( $w/c$ )**

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= -10 + 20 \quad (c/w) \\
 30 &= -10 + 20 \quad (c/w) \\
 40 &= 20 \quad (c/w) \\
 (c/w) &= 40 / 20 \\
 (c/w) &= 2 \\
 w/c &= 0,500 \quad \text{atau} \quad 50,0 \quad \%
 \end{aligned}$$

**b. Menentukan kadar air bebas ( $W_{air}$ )**

Tabel Jumlah kadar air dalam beton berdasarkan SNI

Slump (mm)	0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	---	---	---	---
10				
Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
Batu pecah	180	205	230	250
20				
Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
Batu pecah	170	190	210	225
40				
Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
Batu pecah	155	175	190	205

Berdasarkan ukuran agregat maksimum yang digunakan mempersyaratkan bahwa kadar air yang digunakan adalah penambahan zat adiktif) untuk slump minimal 8 cm

20 mm, spesifikasi  
 225 kg/m<sup>3</sup> (tanpa

**c. Menentukan jumlah semen ( $W_{semen}$ )**

$$\begin{aligned}
 w/c &= \frac{W_{air}}{W_{semen}} \\
 0,500 &= \frac{225}{W_{semen}} \\
 W_{semen} &= \frac{225}{0,50} \\
 W_{semen} &= 450 \quad \text{kg/m}^3
 \end{aligned}$$



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**d. Menentukan volume total agregat**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume semen} &= \text{jumlah semen} / \text{berat jenis semen} \\
 &= 450 / 3,15 \\
 &= 142,86 \text{ liter} \\
 \text{Volume air} &= \text{jumlah air} / \text{jenis air} \\
 &= 225 / 1 \\
 &= 225 \text{ liter} \\
 \text{Volume udara} &= 4 \% \times 1000 \text{ liter (asumsi kadar udara 4\%)} \\
 &= 40 \text{ liter} \\
 \text{Volume agregat} &= 1000 - \text{vol. semen} - \text{vol. air} - \text{vol. udara} \\
 &= 1000 - 142,9 - 225 - 40 \\
 &= 592,14 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

**e. Menentukan volume pasir dan kerikil**

$$\begin{aligned}
 \text{Volume pasir} &= a \% \times \text{volume agregat} \\
 &= 37,64 \% \times 592,1 \\
 &= 222,88 \text{ liter} \\
 \text{Volume kerikil} &= b \% \times \text{volume agregat} \\
 &= 62,36 \% \times 592,1 \\
 &= 369,26 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	225,00	225,00	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	541,60	222,88	2,43
Kerikil	952,69	369,26	2,58
Jumlah	2169,30	1000,00	

Kontrol Volume 1000 liter : OK

**Komposisi Material Kondisi Lapangan per m<sup>3</sup>**

$$B_{LP} = \frac{B_{SSD}}{1 + R_p \times 1 - W}$$

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	547,36	225,25	2,43
Kerikil	931,58	361,08	2,58
Jumlah	2159,75	1000,00	



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**f. Menentukan komposisi material dengan penambahan *crumb rubber* pengganti volume pasir**

**Untuk penggantian *crumb rubber* dari 10% volume pasir**

$$\begin{aligned}\text{Volume pasir} &= 225,25 \text{ liter} \\ \text{Volume karet ban} &= 10 \% \times \text{volume pasir} \\ &= 10 \% \times 225,2 \\ &= 22,52 \text{ liter} \\ \text{Volume pasir} &= \text{Volume pasir} - \text{Volume karet ban} \\ &= 225,25 - 22,52 \\ &= 202,72 \text{ liter}\end{aligned}$$

**Untuk penggantian *crumb rubber* dari 20% volume pasir**

$$\begin{aligned}\text{Volume pasir} &= 225,25 \text{ liter} \\ \text{Volume karet ban} &= 20 \% \times \text{volume pasir} \\ &= 20 \% \times 225,2 \\ &= 45,05 \text{ liter} \\ \text{Volume pasir} &= \text{Volume pasir} - \text{Volume karet ban} \\ &= 225,25 - 45,05 \\ &= 180,20 \text{ liter}\end{aligned}$$

**Untuk penggantian *crumb rubber* dari 30% volume pasir**

$$\begin{aligned}\text{Volume pasir} &= 225,25 \text{ liter} \\ \text{Volume karet ban} &= 30 \% \times \text{volume pasir} \\ &= 30 \% \times 225,2 \\ &= 67,57 \text{ liter} \\ \text{Volume pasir} &= \text{Volume pasir} - \text{Volume karet ban} \\ &= 225,25 - 67,57 \\ &= 157,67 \text{ liter}\end{aligned}$$

**Komposisi Material Kondisi Lapangan dengan penambahan *crumb rubber* per m<sup>3</sup>**

**Untuk penggantian *crumb rubber* dari 10% volume pasir**

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	492,62	202,72	2,43
Karet Ban (10%)	20,72	22,52	0,92
Kerikil	931,58	361,08	2,58
Jumlah	2125,74	1000,00	





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**Komposisi Material Kondisi Lapangan dengan penambahan karet ban per m<sup>3</sup>**

**Untuk penggantian *crumb rubber* dari 20% volume pasir**

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	437,88	180,20	2,43
Karet Ban (20%)	41,45	45,05	0,92
Kerikil	931,58	361,08	2,58
Jumlah	2091,72	1000,00	

**Komposisi Material Kondisi Lapangan dengan penambahan karet ban per m<sup>3</sup>**

**Untuk penggantian *crumb rubber* dari 30% volume pasir**

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	383,15	157,67	2,43
Karet Ban (30%)	62,17	67,57	0,92
Kerikil	931,58	361,08	2,58
Jumlah	2057,71	1000,00	

**1. Komposisi Material per Sampel Balok**

**Untuk penggantian karet ban dari 10% volume pasir**

Panjang Balok, p : 40 cm = 0,4 m

Tinggi Balok, t : 10 cm = 0,1 m

Lebar Balok, l : 10 cm = 0,1 m

Volume Balok

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= p \times l \times t \\ &= 0,4 \times 0,1 \times 0,1 \\ &= 0,0040 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Material	Kebutuhan Material		
	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 1 sampel x koef 1,2 (kg)	Berat untuk 3 sampel (kg)
Air	0,92	1,11	3,32
Semen	1,80	2,16	6,48
Udara	0,00	0,00	0,00
Pasir	1,97	2,36	7,09
Karet Ban	0,08	0,10	0,30
Kerikil	3,73	4,47	13,41



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

**2. Komposisi Material per Sampel Balok**

**Untuk penggantian karet ban dari 20% volume pasir**

Panjang Balok, p : 40 cm = 0,4 m

Tinggi Balok, t : 10 cm = 0,1 m

Lebar Balok, l : 10 cm = 0,1 m

Volume Balok

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= p \times l \times t \\ &= 0,4 \times 0,1 \times 0,1 \\ &= 0,0040 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Material	Kebutuhan Material		
	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 1 sampel x koef 1,2 (kg)	Berat untuk 3 sampel (kg)
Air	0,92	1,11	3,32
Semen	1,80	2,16	6,48
Udara	0,00	0,00	0,00
Pasir	1,75	2,10	6,31
Karet Ban	0,17	0,20	0,60
Kerikil	3,73	4,47	13,41

**3. Komposisi Material per Sampel Balok**

**Untuk penggantian karet ban dari 30% volume pasir**

Panjang Balok, p : 40 cm = 0,4 m

Tinggi Balok, t : 10 cm = 0,1 m

Lebar Balok, l : 10 cm = 0,1 m

Volume Balok

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= p \times l \times t \\ &= 0,4 \times 0,1 \times 0,1 \\ &= 0,0040 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Material	Kebutuhan Material		
	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 1 sampel x koef 1,2 (kg)	Berat untuk 3 sampel (kg)
Air	0,92	1,11	3,32
Semen	1,80	2,16	6,48
Udara	0,00	0,00	0,00
Pasir	1,53	1,84	5,52
Karet Ban	0,25	0,30	0,90
Kerikil	3,73	4,47	13,41



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino Km 14,5 Telp. (0411) 587636 Gowa 92171

**RANCANG CAMPURAN BETON**  
**(CONCRETE MIX DESIGN)**  
**METODE DEVELOPMENT OF ENVIROMENT (DOE)**  
**BETON TIRE CHIPS**

**Data :**

Kuat tekan rencana ( $f'_c$ )	=	21,7	MPa	
Kuat tekan rata-rata perlu ( $f'_{cr}$ )	=	30	MPa	margin=8.3, maka 21.7+8.3
Ukuran maksimum agregat	=	20	mm	
Tipe semen	=	PCC		
Berat jenis spesifik SSD pasir	=	2,43		
Berat jenis spesifik SSD kerikil	=	2,58		
Berat jenis spesifik SSD semen	=	3,150		
Prosentase kumulatif pasir (a)	=	37,64	%	
Prosentase kumulatif kerikil (b)	=	62,36	%	
Berat jenis spesifik SSD karet ban	=	1,179		

Tabel 5.3.2.2 Kekuatan tekan rata-rata perlu jika data tidak tersedia untuk menetapkan deviasi standar benda uji

Kekuatan tekan disyaratkan, MPa	Kekuatan tekan rata-rata perlu, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7,0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8,3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1,10 f'_c + 5,0$

**a. Menentukan rasio air/semen ( $w/c$ )**

$f'_{cr} = -10 + 20$ (c/w)	$f'_{cr} = -10 + 20$ (c/w)
$30 = -10 + 20$ (c/w)	$f'_{cr} = -10 + 20$ (c/w)
$40 = 20$ (c/w)	$f'_{cr} = -10 + 20$ (1/0.5)
$(c/w) = 40 / 20$	$f'_{cr} = -10 + 40$
$(c/w) = 2$	$f'_{cr} = 30$
$w/c = 0,500$ atau 50,0 %	

**b. Menentukan kadar air bebas ( $W_{air}$ )**

Tabel Jumlah kadar air dalam beton berdasarkan SNI

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Berdasarkan ukuran agregat maksimum yang digunakan mempersyaratkan bahwa kadar air yang digunakan adalah penambahan zat adiktif) untuk slump minimal 8 cm

20 mm, spesifikasi  
225 kg/m<sup>3</sup> (tanpa

**c. Menentukan jumlah semen ( $W_{semen}$ )**

$$w/c = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$0,500 = \frac{225}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{225}{0,50}$$

$$W_{semen} = 450 \text{ kg/m}^3$$



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino Km 14,5 Telp. (0411) 587636 Gowa 92171

**d. Menentukan volume total agregat**

$$\begin{aligned}\text{Volume semen} &= \text{jumlah semen} / \text{berat jenis semen} \\ &= 450 / 3,15 \\ &= 142,86 \text{ liter} \\ \text{Volume air} &= \text{jumlah air} / \text{jenis air} \\ &= 225 / 1 \\ &= 225 \text{ liter} \\ \text{Volume udara} &= 4 \% \times 1000 \text{ liter (asumsi kadar udara 4\%)} \\ &= 40 \text{ liter} \\ \text{Volume agregat} &= 1000 - \text{vol. semen} - \text{vol. air} - \text{vol. udara} \\ &= 1000 - 142,9 - 225 - 40 \\ &= 592,14 \text{ liter}\end{aligned}$$

**e. Menentukan volume pasir dan kerikil**

$$\begin{aligned}\text{Volume pasir} &= a \% \times \text{volume agregat} \\ &= 37,64 \% \times 592,1 \\ &= 222,88 \text{ liter} \\ \text{Volume kerikil} &= b \% \times \text{volume agregat} \\ &= 62,36 \% \times 592,1 \\ &= 369,26 \text{ liter}\end{aligned}$$

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	225,00	225,00	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	541,60	222,88	2,43
Kerikil	952,69	369,26	2,58
Jumlah	2169,30	1000,00	

Kontrol Volume 1000 liter : OK

**Komposisi Material Kondisi Lapangan per m<sup>3</sup>**

$$B_{LP} = \frac{B_{SSD}}{1 + R_p \times 1 - W}$$

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	547,36	225,25	2,43
Kerikil	931,58	361,08	2,58
Jumlah	2159,75	1000,00	



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino Km 14,5 Telp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

**f. Menentukan komposisi material dengan penambahan karet ban pengganti volume kerikil**

**Untuk penggantian karet ban dari 10% volume kerikil**

$$\begin{aligned}\text{Volume kerikil} &= 361,08 \text{ liter} \\ \text{Volume karet ban} &= 10 \% \times \text{volume kerikil} \\ &= 10 \% \times 361,1 \\ &= 36,11 \text{ liter} \\ \text{Volume kerikil} &= \text{Volume kerikil} - \text{Volume karet ban} \\ &= 361,08 - 36,11 \\ &= 324,97 \text{ liter}\end{aligned}$$

**Untuk penggantian karet ban dari 20% volume kerikil**

$$\begin{aligned}\text{Volume kerikil} &= 361,08 \text{ liter} \\ \text{Volume karet ban} &= 20 \% \times \text{volume kerikil} \\ &= 20 \% \times 361,1 \\ &= 72,22 \text{ liter} \\ \text{Volume kerikil} &= \text{Volume kerikil} - \text{Volume karet ban} \\ &= 361,08 - 72,22 \\ &= 288,86 \text{ liter}\end{aligned}$$

**Untuk penggantian karet ban dari 30% volume kerikil**

$$\begin{aligned}\text{Volume kerikil} &= 361,08 \text{ liter} \\ \text{Volume karet ban} &= 30 \% \times \text{volume kerikil} \\ &= 30 \% \times 361,1 \\ &= 108,32 \text{ liter} \\ \text{Volume kerikil} &= \text{Volume kerikil} - \text{Volume karet ban} \\ &= 361,08 - 108,32 \\ &= 252,75 \text{ liter}\end{aligned}$$

**Komposisi Material Kondisi Lapangan dengan penambahan karet ban per m<sup>3</sup>**

**Untuk penggantian karet ban dari 10% volume kerikil**

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	547,36	225,25	2,43
Kerikil	838,42	324,97	2,58
Karet Ban (10%)	42,57	36,11	1,179
Jumlah	2109,16	1000,00	



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino Km 14,5 Telp. (0411) 587636 Gowa 92171

**Komposisi Material Kondisi Lapangan dengan penambahan karet ban per m<sup>3</sup>**

**Untuk pengganti karet ban dari 20% volume kerikil**

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	547,36	225,25	2,43
Kerikil	745,26	288,86	2,58
Karet Ban (20%)	85,14	72,22	1,179
Jumlah	2058,58	1000,00	

**Komposisi Material Kondisi Lapangan dengan penambahan karet ban per m<sup>3</sup>**

**Untuk pengganti karet ban dari 30% volume kerikil**

Material	Berat (kg)	Volume (liter)	Density (kg/liter)
Air	230,82	230,82	1
Semen	450,00	142,86	3,15
Udara (4%)		40,00	-
Pasir	547,36	225,25	2,43
Kerikil	652,10	252,75	2,58
Karet Ban (30%)	127,71	108,32	1,179
Jumlah	2007,99	1000,00	

**1. Komposisi Material per Sampel Balok**

**Untuk pengganti karet ban dari 10% volume kerikil**

Panjang Balok, p : 40 cm = 0,4 m

Tinggi Balok, t : 10 cm = 0,1 m

Lebar Balok, l : 10 cm = 0,1 m

Volume Balok

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= p \times l \times t \\ &= 0,4 \times 0,1 \times 0,1 \\ &= 0,0040 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Material	Kebutuhan Material		
	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 1 sampel x koef 1,2 (kg)	Berat untuk 3 sampel (kg)
Air	0,92	1,11	3,32
Semen	1,80	2,16	6,48
Udara	0,00	0,00	0,00
Pasir	2,19	2,63	7,88
Kerikil	3,35	4,02	12,07
Karet Ban	0,17	0,20	0,61



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino Km 14,5 Telp. (0411) 587636 Gowa 92171

**2. Komposisi Material per Sampel Balok**

**Untuk penggantian karet ban dari 20% volume kerikil**

Panjang Balok, p : 40 cm = 0,4 m

Tinggi Balok, t : 10 cm = 0,1 m

Lebar Balok, l : 10 cm = 0,1 m

Volume Balok

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= p \times l \times t \\ &= 0,4 \times 0,1 \times 0,1 \\ &= 0,0040 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Material	Kebutuhan Material		
	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 1 sampel x koef 1,2 (kg)	Berat untuk 3 sampel (kg)
Air	0,92	1,11	3,32
Semen	1,80	2,16	6,48
Udara	0,00	0,00	0,00
Pasir	2,19	2,63	7,88
Kerikil	2,98	3,58	10,73
Karet Ban	0,34	0,41	1,23

**3. Komposisi Material per Sampel Balok**

**Untuk penggantian karet ban dari 30% volume kerikil**

Panjang Balok, p : 40 cm = 0,4 m

Tinggi Balok, t : 10 cm = 0,1 m

Lebar Balok, l : 10 cm = 0,1 m

Volume Balok

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= p \times l \times t \\ &= 0,4 \times 0,1 \times 0,1 \\ &= 0,0040 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Material	Kebutuhan Material		
	Berat untuk 1 sampel (kg)	Berat untuk 1 sampel x koef 1,2 (kg)	Berat untuk 3 sampel (kg)
Air	0,92	1,11	3,32
Semen	1,80	2,16	6,48
Udara	0,00	0,00	0,00
Pasir	2,19	2,63	7,88
Kerikil	2,61	3,13	9,39
Karet Ban	0,51	0,61	1,84





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---

## **DOKUMENTASI KEGIATAN PENELITIAN**



Pencucian agregat



Penyaringan Agregat



Penjemuran agregat





**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171

---



Perendaman *Crumb Rubber* dengan larutan NaOH



Pemasukan material ke dalam molen/*mixer*



Pembuatan benda uji



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171



Uji Slump



Penimbangan beton segar



Benda Uji



Proses Curing Beton



**LABORATORIUM STRUKTUR DAN BAHAN**  
**JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

KAMPUS TEKNIK GOWA Jl. Poros Malino km 14,5 Tlp. (0411) 587636 Gowa 92171



Uji Kuat Lentur Beton



Hasil Uji Lentur